

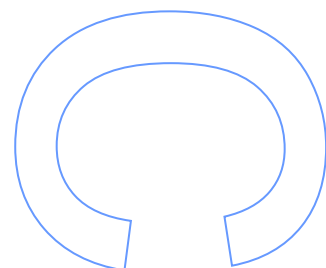
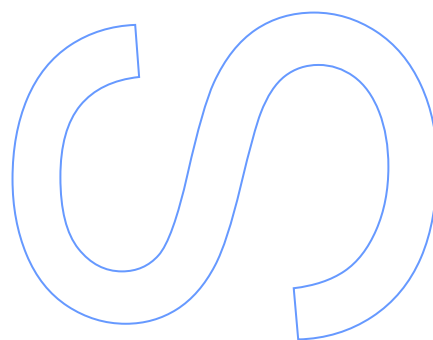
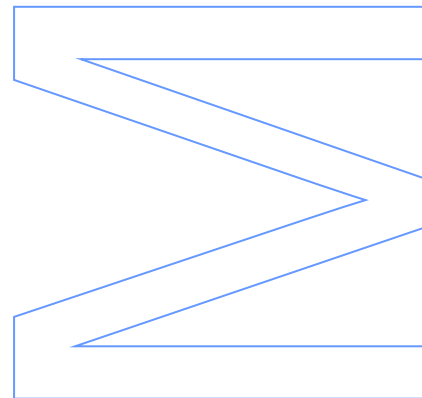
A Física no desporto: atividades de índole interdisciplinar com Educação Física

Raul Manuel Preto Alonso

Mestrado em Física e Química em Contexto Escolar
Departamento de Física e Astronomia
2012

Orientador

Paulo Simeão carvalho, Professor Auxiliar, Faculdade de Ciências

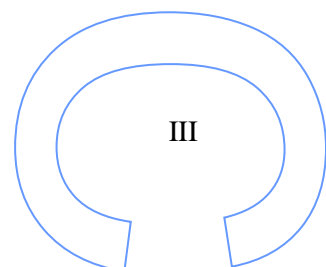
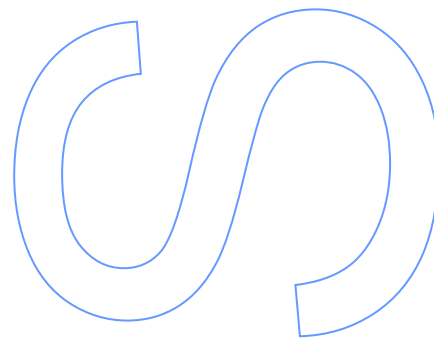
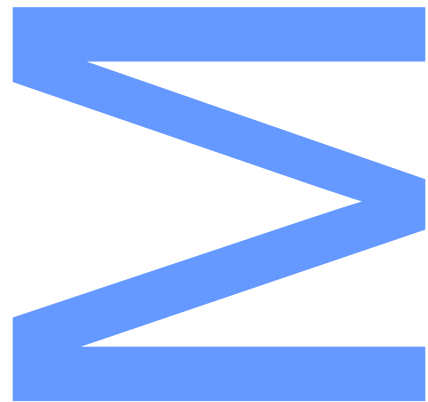




Todas as correções determinadas pelo júri, e só essas, foram efetuadas.

O Presidente do Júri,

Porto, ____/____/____



A tarefa do professor é despertar a alegria de trabalhar e de conhecer”

(Albert Einstein, 1953)

Agradecimentos

Quero expressar os meus agradecimentos a todos os que, direta ou indiretamente, contribuíram para que esta dissertação fosse realizada.

Um agradecimento especial ao meu orientador, Professor Doutor Paulo Simeão Carvalho, pelas suas úteis recomendações e pela disponibilidade manifestada. O seu entusiasmo contagiante, cordialidade e gosto pelo ensino da Física foram para mim uma inspiração. Estou grato também pela liberdade de ação que me permitiu e que foi decisiva para que este trabalho contribuísse para o meu desenvolvimento pessoal.

Agradeço aos meus antigos professores que de alguma me marcaram e fomentaram o meu gosto pelo ensino da ciência.

A todos os meus alunos, com os quais partilhei experiências e colhi ensinamentos, especialmente os que colaboraram neste estudo, por o terem feito entusiasticamente e de forma totalmente desinteressada.

Agradeço também aos meus colegas professores de Educação Física, Teresa Ferreira e Nuno Silva, pela disponibilidade demonstrada na abertura das “portas” das suas aulas e pelos seus pontos de vista nas análises que me ajudaram a ter com os alunos.

À minha escola, por me ter permitido desenvolver as actividades e não boicotar o desenvolvimento de novas abordagens com burocracias inúteis, como tantas outras.

Aos muitos colegas professores, com os quais tenho trabalhado e colaborado, pelo seu compromisso em criar uma “escola” melhor.

Aos meus pais, pelos valores que me transmitiram, eles são os meus modelos.

Resumo

A escola atual é frequentada por alunos que são bombardeados com uma enorme quantidade de informação e múltiplas solicitações, que muitas vezes os afastam do estudo. Por outro lado, tradicionalmente, a Física é uma disciplina considerada difícil e pouco apelativa. Destas duas situações resultam, para a maioria dos jovens, maus resultados escolares na disciplina de Física e pouco empenho na superação das suas dificuldades.

No entanto, a Física é a disciplina de base para a maioria dos cursos de índole científica e tecnológica, pelo que, além de importante, é obrigatório fomentar o gosto e o interesse por esta ciência, para o país não continuar a atrasar-se em termos de competitividade global.

A investigação em ensino da Física tem mostrado que práticas passivas de ensino obtêm resultados inferiores e menos duradouros do que práticas que usam modelos de envolvimento ativo. Esse envolvimento ativo, no entanto, só será conseguido se o contexto da aprendizagem for motivador, as ferramentas usadas forem apelativas e o ensino for considerado significativo por parte dos alunos. Assim, foi delineada uma intervenção que procurou promover a participação dos alunos na construção do seu conhecimento, utilizando o desporto como contexto motivador para o ensino da Física.

A intervenção assentou na execução prática de desporto nas aulas de Educação Física, com filmagens e posterior análise digital das mesmas. Em paralelo, procedeu-se à discussão dos resultados com os professores de Física e de Educação Física. Devido às aplicações práticas imediatas e evidentes, os alunos empenharam-se mais em explicar os fenómenos que observavam e protagonizavam. Na busca dessa explicação, foram confrontados, em muitos casos, com o facto dos seus conhecimentos e concepções prévias serem inexatos, pelo que alteraram a sua visão sobre o mundo que os rodeia.

A metodologia de projeto também foi fomentada no sentido de promover a elaboração de pequenos projetos de carácter científico, por grupos de alunos em trabalho colaborativo, que permitiram desenvolver competências e conhecimentos complementares aos assuntos abordados nas aulas.

A intervenção foi avaliada com recurso ao *Force Concept Inventory (FCI)*, um teste conceptual validado sobre forças que avalia o conhecimento e a compreensão dos fenómenos, independentemente da sua formulação matemática. Os ganhos de aprendizagem do grupo de intervenção em comparação com os grupos de controlo são bastante superiores e mais duradouros. Os alunos também manifestaram que o seu gosto pela Física aumentou.

Abstract

Nowadays school as an institution of reference is attended by students who are constantly being attacked by an enormous quantity of information and by several external demands which lead them away from studying. On the other hand, and traditionally speaking, Physics is considered quite a hard subject, simultaneously not being very appealing to students. Based on these two assumptions, it's easily understood why most students not only reach unsatisfactory school results in this subject, but they also show little effort to face and the overcome their difficulties. Nevertheless, Physics is a the structural subject underlying most courses either scientific or technological, therefore being imperious and compulsory to promote within the students a higher interest towards this science, so that in the future our country won't fall behind as far as global competitiveness is concerned.

Investigation in teaching Physics has shown that several passive practices are quite likely to obtain inferior results and are less long-lasting than practices that used models of active achievement strategies. That active type of involvement will only be reached if the learning context is motivating, if the tools used are appealing and if the teaching process is considered meaningful for the students. Consequently, a relevant form of intervention was outlined with the aim of promoting the students' participation in the development of their own knowledge, thus using sports as a motivating setting in the teaching of Physics. That type of intervention based itself in the practical enforcement of sports in Physical Education classes, initially using filming and later on digitally analyzing it. Simultaneously, there was the promotion of a debate about the results with the participation of the teachers of Physics and Physical Education. Due to the practical, immediate and obvious applications, the students committed themselves to the task of explaining the phenomena that were observed and which they personally staged. Seeking an explanation for the facts, many students realized that most of their previous knowledge and concepts were inaccurate, therefore being led to conclude that they had to change their personal perception of the world around them.

The methodology used throughout the project was fostered with the intention of promoting the drawing up of small scientific projects by groups of students in cooperative work, therefore enabling them to develop skills and to share additional information from the topics approached in classes. The intervention was assessed by means of the *Force Concept Inventory (FCI)*, a conceptual test on strengths, that evaluates the knowledge and understanding of the phenomena, no matter their mathematical formulation. The advantages in learning for the intervention group are quite higher when compared to control groups, besides lasting longer. Besides all that has been exposed, it seems adequate to refer that students also referred their increasing fondness towards Physics, which, just by itself, is an asset of the project.

Résumé

L'école actuelle est fréquentée par des étudiants qui sont bombardés par une énorme quantité d'informations et par de multiples exigences qui, souvent, les écartent des études. D'autre part, traditionnellement, la Physique est une discipline considérée comme difficile et peu séduisante. De ces deux faits, et pour la plupart des jeunes, on constate que les résultats scolaires sont médiocres en Physique et que peu d'efforts surgissent pour surmonter leurs difficultés.

Cependant, la Physique est une discipline clés de la plupart des cours à caractère scientifique et technologique, ainsi au-delà d'importante, il est obligatoire de promouvoir l'intérêt et le goût envers cette science, dans la contrainte du pays continuez à la traîne en termes de compétitivité mondial.

La recherche dans l'enseignement de la Physique a démontré que les pratiques pédagogiques passives obtiennent des résultats inférieurs et moins durables que les modèles pratiques qui utilisent une participation active. Cependant, ceux-ci n'obtiennent effet que si le contexte d'apprentissage est motivant, les outils utilisés doivent être attrayants et l'enseignement doit être considéré comme important par les étudiants. Ainsi, une initiative fut élaborée pour promouvoir la participation des étudiants dans la construction de connaissances, en utilisant le sport comme un contexte motivant pour l'enseignement de la Physique.

Cette initiative fut centrée, d'une part, par l'application pratique du sport en cours d'Éducation Physique, avec des tournages en numérique et ses analyses ultérieures. D'une autre part, il s'est établie une évaluation des résultats simultanément avec les professeurs de Physique et aussi d'Éducation Physique. Dues aux applications immédiates et évidentes, les élèves ont démontré un renfort d'intérêt dans la recherche d'explications sur les phénomènes observés et qui intégraient leurs participations. Dans cette recherche d'explications, ils furent confrontés, en de nombreux cas, avec le fait de leurs connaissances et conceptions être inexactes, ce qui développa un changement de la vision du monde qui les entourent.

La méthodologie de projet a également été encouragée pour promouvoir le développement de petits projets scientifiques, par des groupes d'étudiants en travail collaboratif, permettant ainsi le développement de compétences et de connaissances supplémentaires sur les sujets abordés en classe.

Cette initiative fut évaluée en utilisant le *Force Concept Inventory* (FCI), un test conceptuel sur les forces qui évalue les connaissances et la compréhension des phénomènes indépendant de la formulation mathématique. Les gains d'apprentissage du groupe d'intervention par rapport aux groupes de contrôle sont largement supérieurs et plus durables. Les étudiants ont également exprimé un renfort d'enthousiasme envers la Physique.

Resumen

La escuela actual es frecuentada por alumnos que son bombardeados con una enorme cantidad de información y múltiples solicitudes, que muchas veces los alejan del estudio. Por otro lado, tradicionalmente, la Física es una asignatura difícil y poco atractiva. De estas dos situaciones resultan, para la mayoría de los jóvenes, malos resultados escolares en la asignatura de Física y poco empeño para superar sus dificultades.

Sin embargo, la Física es la asignatura de base para la mayoría de los cursos de índole científica y tecnológica, por lo que, además de importante, es obligatorio potenciar el gusto y el interés por esta ciencia, para que el país no siga retrasándose en términos de competitividad global.

La investigación en la enseñanza de la Física ha demostrado que prácticas pasivas de la enseñanza logran resultados inferiores y menos duraderos que prácticas que usan modelos de involucramiento activo. Ese involucramiento activo, sin embargo, solo se conseguirá si el contexto de aprendizaje es motivador, las herramientas usadas son atractivas y la enseñanza es considerada significativa por parte de los alumnos. Así, se diseñó una intervención que buscó promover la participación de los alumnos en la construcción de su conocimiento, utilizando el deporte como contexto motivador para la enseñanza de la Física.

La intervención se basó en la ejecución práctica de deporte en las clases de Educación Física, con grabaciones y posterior análisis digital de las mismas. En paralelo, se procedió a la discusión de los resultados con los profesores de Física y Educación Física. Debido a las aplicaciones prácticas inmediatas y evidentes, los alumnos se empeñaron más en explicar los fenómenos que observaban y protagonizaban. En la búsqueda de esa explicación, fueron confrontados, en muchos casos, con el hecho de que sus conocimientos y concepciones previas eran inexactos, por lo que cambiaron su visión sobre el mundo que los rodea.

La metodología de proyecto también fue fomentada en el sentido de promover la elaboración de pequeños proyectos de carácter científico, por grupos de alumnos en trabajo colaborativo, que permitieron desarrollar destrezas y conocimientos complementarios a los asuntos tratados en las clases.

La intervención ha sido evaluada a través del *Force Concept Inventory (FCI)*, un test conceptual validado sobre fuerzas que evalúa el conocimiento y la comprensión de los fenómenos independientemente de su formulación matemática. Las ganancias de aprendizaje del grupo de intervención en comparación con los grupos de control son bastante superiores y más duraderos. Los alumnos también han declarado que su gusto por la Física había aumentado.

Índice

AGRADECIMENTOS	VII
RESUMO	IX
ABSTRACT	XI
RESUME	XIII
RESUMEN	XV
ÍNDICE.....	XVII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIX
ÍNDICE DE TABELAS.....	XXI
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	XXIII
[CAPÍTULO 1] INTRODUÇÃO.....	1
[CAPÍTULO 2] A FÍSICA EM CONTEXTO DE ENSINO	5
2.1- TRABALHO PRÁTICO NAS AULAS DE FÍSICA	5
2.1.1- <i>A relevância do ensino prático.....</i>	5
2.1.2- <i>Diferentes denominações associadas às atividades práticas</i>	9
2.1.3 <i>Dificuldades na introdução do trabalho laboratorial/experimental no ensino das Ciências</i>	11
2.1.4- <i>Trabalho Prático nas escolas portuguesas</i>	12
2.2- CONCEÇÕES ALTERNATIVAS.....	16
2.3- MEIOS AUDIOVISUAIS E TECNOLOGIA AO SERVIÇO DO ENSINO	21
2.3.1- <i>As TIC integradas no processo de ensino e aprendizagem</i>	21
2.3.2- <i>Filmagens de atividades e sua análise com auxílio de software adequado.</i>	23
2.3.3- <i>Coexistência da tecnologia e do professor</i>	25
2.4- FORMAÇÃO EXTRA CURRICULAR	26
2.4.1- <i>A formalidade do ensino e o desenvolvimento do processo de ensino e aprendizagem</i>	26
2.4.2- <i>As Feiras ou Mostras de Ciência</i>	28
2.5- PROFESSORES E PERSPETIVAS NO ENSINO DAS CIÊNCIAS	31
2.5.1- <i>Caracterização dos professores de Física e Química em Portugal.....</i>	31
2.5.2 - <i>Perspetivas no ensino das ciências</i>	34
2.6- O PROGRAMA DE FÍSICA NO ENSINO SECUNDÁRIO PORTUGUÊS (CURSO CCT)	39
2.6.1- <i>Princípios orientadores</i>	39
2.6.2- <i>Visão Geral do Programa.....</i>	42
[CAPÍTULO 3] METODOLOGIA DA INTERVENÇÃO	43
3.1- ABORDAGEM.....	43
3.2- CARACTERIZAÇÃO DA ESCOLA E DOS ALUNOS	46
3.3- O TRACKER (SOFTWARE DE MODELAÇÃO DE IMAGENS VÍDEO)	49
3.4- OUTROS SOFTWARES USADOS.....	50
[CAPÍTULO 4] CONTEÚDOS CIENTÍFICO/PEDAGÓGICOS PRESENTES NAS ATIVIDADES DA INTERVENÇÃO	53
4.1- A ATIVIDADE DE ANDAR	54
4.1.1- <i>O ciclo da marcha</i>	54
4.1.2- <i>Estabilidade e equilíbrio corporal</i>	59
4.1.2.1- <i>O centro de gravidade</i>	59
4.1.2.2- <i>Equilíbrio</i>	61
4.1.3- <i>Análise dos movimentos</i>	65
4.1.4- <i>Os movimentos da pelve.....</i>	67
4.1.4.1- <i>Movimentos laterais.....</i>	67
4.1.4.2- <i>Movimentos verticais</i>	69
4.1.4.3- <i>Movimentos semi-rotatórios.....</i>	70
4.1.5- <i>Alterações à marcha normal</i>	71
4.1.6- <i>Movimento pendular no ciclo de marcha</i>	72

4.1.7- A potência e a energia associadas aos movimentos.....	74
4.2- A CORRIDA.....	76
4.2.1- Andar vs correr.....	76
4.2.2- Dependência da velocidade na corrida em função da altura do corredor.....	78
4.2.3- Aceleração na corrida.....	80
4.2.4- Corrida em curva.....	81
4.3- O SALTO.....	82
4.3.1- Salto em comprimento.....	82
4.3.2- Salto em altura.....	83
4.3.3- Salto vertical.....	84
4.3.4- Lesões de impacto nos saltos.....	86
4.4- MOVIMENTOS DE BOLAS.....	86
4.4.1- Lançamentos.....	86
4.4.2- Disparo a partir de um lançador.....	87
4.4.3- Queda de bolas do tampo de uma mesa.....	88
4.4.4- Ressalto da bola no chão.....	88
4.4.5- Remate de uma bola de futebol.....	91
4.5- A VELOCIDADE DE REMATE A PARTIR DO SOM.....	96
4.6- OUTROS TRABALHOS.....	99
4.6.1- Hidrostática.....	100
4.6.2- Lançamento de foguetões.....	101
4.6.3- Construção de um carrinho movido a energia solar.....	101
4.6.4- Medição da velocidade da luz.....	102
4.6.5- Construção de uma plataforma para estudo de ondas sísmicas.....	103
[CAPÍTULO 5] AVALIAÇÃO DA INTERVENÇÃO	105
5.1 AVALIAÇÃO DA INTERVENÇÃO	105
5.1.1- O sujeito da avaliação.....	105
5.1.2- Instrumento de recolha dos dados.....	108
5.1.2.1- O inquérito por questionário.....	108
5.1.2.2- Tipos de questionários.....	110
5.1.2.3- Os testes conceptuais.....	111
5.1.2.4- Construção de um questionário avaliativo (teste concetual).....	112
5.1.2.5- O FCI.....	114
5.2- APLICAÇÃO DO <i>FORCE CONCEPT INVENTORY</i> (FCI) NA INTERVENÇÃO REALIZADA.....	118
5.3- RESULTADOS DA INTERVENÇÃO	118
5.3.1- Tratamento quantitativo.....	118
5.3.2- Análise dos resultados.....	119
5.3.3- A Outra face da intervenção.....	128
[CAPÍTULO 6] CONCLUSÃO	129
6.1- RESULTADOS	129
6.2- AMEAÇAS	130
6.3- DESENVOLVIMENTOS E PROJETOS FUTUROS	131
BIBLIOGRAFIA.....	133
[ANEXOS].....	139

Índice de Figuras

FIG. 1- RELAÇÃO ENTRE OS VÁRIOS TIPOS DE ATIVIDADES PRÁTICAS (ADAPTADO DE LEITE, 2001)	11
FIG. 2- EXEMPLOS DE ATIVIDADES NA AULA DE EDUCAÇÃO FÍSICA.....	44
FIG. 3- SITUAÇÃO DE APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DE RESULTADOS	45
FIG. 4- SÍTIO DO <i>TRACKER</i> NA <i>INTERNET</i>	49
FIG. 5- PONTOS DE CONTRASTE A SEREM SEGUIDOS AUTOMATICAMENTE NO <i>TRACKER</i>	50
FIG. 6- JANELA DE TRABALHO DO <i>AUDACITY</i>	51
FIG. 7- INTERFACE GRÁFICA DO CONVERSOR DE VÍDEO “ANY VIDEO CONVERTER”	51
FIG. 8- INTERFACE GRÁFICA DO <i>FREE VIDEO FLIP AND ROTATE</i>	52
FIG. 9- EIXOS ANATÓMICOS DE REFERÊNCIA (HALL, 2000)	55
FIG. 10- DIVISÕES DO CICLO DE MARCHA (VIEL, 2001)	56
FIG. 11- FORÇAS QUANDO SE POUSA UM PÉ NO CHÃO AO ANDAR (MACIEL, 2009)	58
FIG. 12- CENTRO DE GRAVIDADE DO CORPO HUMANO EM POSIÇÃO ERETA	60
FIG. 13- BINÁRIO DE FORÇAS NUM CORPO RÍGIDO EM DESEQUILÍBRIO	62
FIG. 14- UTILIZAÇÃO DO ACESSÓRIO WII BALANCE	63
FIG. 15- ALTERAÇÃO DO CG NA MUDANÇA DE POSIÇÃO	64
FIG. 16- ÁREA DA BASE DE SUSTENTAÇÃO COM DOIS PÉS (A) E COM UM SÓ PÉ (B) APOIADO NO SOLO (CARVALHO, 1995).....	65
FIG. 17- DESVIO LATERAL PÉLVICO (VIEL, 2001)	67
FIG. 18- ORIENTAÇÃO DOS OSSOS DOS MEMBROS INFERIORES HUMANOS (SALGUEIRO & FERREIRA, 1991)	69
FIG. 19- MOVIMENTOS SIMULTÂNEOS DOS MEMBROS INFERIORES NA ATIVIDADE DE ANDAR (VIEL, 2001)	70
FIG. 20- REGISTO DA LOCOMOÇÃO COM LESÃO NA PERNA DIREITA.....	71
FIG. 21- SIMPLIFICAÇÃO DO PASSO COMO UM PÊNDULO SIMPLES INVERTIDO (KUO, 2005)	72
FIG. 22- AO CONTORNAR O CONE, A CORRER, É NECESSÁRIO INCLINAR O CORPO PARA O CONSEGUIR FAZER	82
FIG. 23- REPRESENTAÇÃO DO SALTO VERTICAL E VARIÁVEIS DO MODELO (HALL, 2000)	83
FIG. 24- SALTO VERTICAL (SALGUEIRO E FERREIRA, 1991)	85
FIG. 25- EFEITO MAGNUS NUMA BOLA, POSSIBILITA CONTORNAR OBJETOS LATERALMENTE.	92
FIG. 26- EFEITO MAGNUS EM FUNÇÃO DA FREQUÊNCIA DE ROTAÇÃO DA BOLA.....	93
FIG. 27- TRAJETÓRIA DE UMA BOLA REMATADA POR PELÉ	95
FIG. 28- TRAJETÓRIA DA BOLA SEM A CRISE DO ARRASTO	96
FIG. 29- TRAJETÓRIA DA BOLA SEM SUSTENTAÇÃO DO EFEITO MAGNUS.....	96
FIG. 30- TRAJETÓRIA DA BOLA NO VAZIO.....	96
FIG. 31- ESPETRO SONORO CAPTADO NUM REMATE EM FRENTE A UMA PAREDE	98
FIG. 32- MONTAGEM DO MICROFONE PARA LIGAR AO COMPUTADOR PORTÁTIL	99
FIG. 33- EXPLICAÇÃO E DETERMINAÇÃO DA VELOCIDADE DE REMATE DOS VISITANTES	99
FIG. 34- PROPRIEDADES DA ÁGUA- A CONGELAÇÃO	101
FIG. 35- MODELO DE BARCO DE METAL A FLUTUAR.....	101
FIG. 36- REPRESENTAÇÃO DAS ONDAS NUM FORNO MICRO-ONDAS EM FUNCIONAMENTO.	103
FIG. 37- MÁQUINA DE SIMULAÇÃO DE SISMOS DE DIFERENTES FREQUÊNCIAS.	104
FIG. 38- COMANDO WIIIMOTE É UM ACELERÓMETRO 3D QUE PODE COMUNICAR POR BLUETOOTH.....	131

Índice de Tabelas

TABELA 1- OBJETIVOS DO TRABALHO EXPERIMENTAL (LOPES, 1994).....	7
TABELA 2- CARATERÍSTICAS DO TRABALHO EXPERIMENTAL (CÁRMEN, 2000).....	8
TABELA 3- RAZÕES DOS PROFESSORES PARA NÃO EFETUAR MAIS TRABALHO EXPERIMENTAL (MARTINS <i>ET AL.</i> , 2002)	12
TABELA 4- SITUAÇÕES DE ENSINO NA SALA DE AULA (MARTINS <i>ET AL.</i> , 2002)	13
TABELA 5- ATIVIDADES E METODOLOGIAS DE TRABALHO EM AULAS EXPERIMENTAIS (MARTINS <i>ET AL.</i> , 2002)	13
TABELA 6- PERCENTAGEM DOS DIFERENTES PROCESSOS NA AVALIAÇÃO FINAL DOS ALUNOS EM PORTUGAL(MARTINS <i>ET AL.</i> , 2002)	14
TABELA 7- NATUREZA DAS CONCEÇÕES ALTERNATIVAS.....	18
TABELA 8- CARATERÍSTICAS DAS CONCEÇÕES ALTERNATIVAS	19
TABELA 9- TAREFAS PARA DIAGNÓSTICO DE CONCEÇÕES ALTERNATIVAS	20
TABELA 10- ETAPAS NO DESENVOLVIMENTO DE UM PROJECTO ESCOLAR	30
TABELA 11- UNIDADES DAS DISCIPLINAS DE FÍSICA E DE QUÍMICA NO ENSINO SECUNDÁRIO	42
TABELA 12- CONTEÚDOS DA UNIDADE 1 DE FÍSICA DO 12º ANO	42
TABELA 13- ETAPAS DA INTERVENÇÃO.....	44
TABELA 14- GRUPOS DE ALUNOS QUE PARTICIPARAM NA INVESTIGAÇÃO	47
TABELA 15- PLANOS CARDINAIS DA POSIÇÃO ANATÓMICA DE REFERÊNCIA	55
TABELA 16- DESVIO LATERAL PÉLVICO MÉDIO DA EXPERIÊNCIA POR SEXO.....	68
TABELA 17- COMPARAÇÃO DOS 2 TIPOS DE QUESTIONÁRIO	111
TABELA 18- CONCEITOS NEWTONIANOS AVALIADOS NO FCI	116
TABELA 19- RESUMO DE CONCEÇÕES ALTERNATIVAS DOS ALUNOS E AS RESPOSTAS (ALÍNEAS) A CADA QUESTÃO DO FCI ONDE SÃO EVIDENCIADAS.....	117
TABELA 20- RESULTADOS GLOBAIS DO FCI	119

Índice de Gráficos

GRÁFICO 1- FORMA DE PREPARAÇÃO DE AULAS PELOS PROFESSORES (MARTINS ET AL., 2002).....	33
GRÁFICO 2- DESVIOS DA PELVE DE UMA PESSOA DO SEXO MASCULINO AO ANDAR	66
GRÁFICO 3- DESVIOS LATERAIS DA PELVE DE UM INDIVÍDUO DO SEXO MASCULINO AO ANDAR	67
GRÁFICO 4- REGISTO DA LOCOMOÇÃO COM LESÃO NA PERNA DIREITA	71
GRÁFICO 5- POTÊNCIA METABÓLICA CONSUMIDA POR HOMENS DURANTE ANDAR E CORRIDA VERSUS VELOCIDADE	78
GRÁFICO 6- ALTURA DE RESSALTOS SUCESSIVOS DE UMA BOLA DE BASQUETEBOL	90
GRÁFICO 7- VELOCIDADE DA BOLA DURANTE OS RESSALTOS	90
GRÁFICO 8- ALTURA AO LONGO DO TEMPO DE UMA BOLA SUJEITA A UM RESSALTO FORÇADO (DRIBLE)	91
GRÁFICO 9- VELOCIDADE AO LONGO DO TEMPO DA BOLA SUJEITA A RESSALTO FORÇADO (DRIBLE)	91
GRÁFICO 10- COEFICIENTE DE ARRASTO DE UMA ESFERA LISA, EM FUNÇÃO DO NÚMERO DE REYNOLDS	94
GRÁFICO 11- RESULTADOS DOS TESTES	120
GRÁFICO 12- GANHOS NORMALIZADOS DO FCI	120
GRÁFICO 13- GANHOS NORMALIZADOS NO FCI POR NÍVEIS DE DESEMPENHO.....	121
GRÁFICO 14- MANCHA DE DISTRIBUIÇÃO DO GANHO NORMALIZADO DOS DIFERENTES GRUPOS POR NÍVEIS DE DESEMPENHO.....	121
GRÁFICO 15- ANÁLISE DE GLASS E HOPKINS	126
GRÁFICO 16- RESULTADOS NO FCI DO GRUPO DE INTERVENÇÃO POR DIMENSÃO CONCEPTUAL	127
GRÁFICO 17- RESULTADOS INDIVIDUAIS DO GRUPO DE INTERVENÇÃO NO PÓS-TESTE	128

[Capítulo 1] Introdução

Tem-se tornado evidente que o número de alunos que escolhem a disciplina de Física como opção no final do ensino secundário, tem diminuído nos últimos anos; a tal ponto que esta opção nem sequer é ministrada em muitas escolas do país. As razões apresentadas pelos alunos para “trocar” esta disciplina por Biologia, Geologia, Psicologia, Língua Estrangeira, Aplicações informáticas e até outras escolhas mais exóticas (num curso de Ciências e Tecnologias), tal como a Ciência Política, podem resumir-se de forma grosseira à frase “são mais fáceis”. Tal não seria problema, não fosse o facto de a Física ser a ciência de base para muitos dos cursos que estes jovens pretendem seguir a curto prazo no ensino superior, onde se incluem todas as engenharias.

Chegados a este ponto, tem de ser repensada a forma como ensinamos a Física para, sem a simplificar demasiado, a tornar mais interessante.

O contexto de vida atual é fortemente influenciado por grandes mudanças científicas e tecnológicas. Tais mudanças exigem novos e diferentes desafios à educação em geral e à educação científica, em particular. Esta deve perseguir ideais de cultura científica e tecnológica dos alunos, por oposição a uma lógica de mera instrução científica (Hodson, 2000). Deste modo, há uma necessidade crescente em diversificar as metodologias de ensino, com a criação de condições que motivem os alunos na aquisição do conhecimento científico essencial ao sucesso neste mundo tão competitivo. Além de importante, é obrigatório fomentar o gosto e o interesse pela Física, para o país não continuar a atrasar-se na competitividade.

Realmente, a Física costuma ser encarada como bastante complicada e pouco motivadora. Para muitos alunos não passa de uma disciplina de Matemática, mas onde têm de pensar e esforçar-se ainda mais para decodificar a linguagem e perceber qual o algoritmo que deverão utilizar (embora quase sempre de forma acrítica). Uma das razões deste problema é o modelo passivo da aprendizagem fomentado nos ambientes tradicionais de ensino, onde os alunos raramente interagem produtivamente e onde o estímulo é a “nota” e não o conhecimento. Neste modelo, os estudantes demonstram os seus “conhecimentos” resolvendo problemas padrão, mas frequentemente não mudam a maneira como entendem o mundo ao seu redor, ou seja assimilam os conteúdos sem reconsiderar o impacto destes nas suas visões de mundo. Estas estratégias permitem uma atitude epistemológica em que Física é uma coleção de conhecimentos e factos desconexos. Não é surpreendente que pesquisas em ensino de ciências mostrem que práticas passivas de ensino obtêm resultados inferiores e menos duradouros do que práticas que usam modelos de envolvimento ativo (Halloun *et al.*, 2002; Mazur, 2007).

Foi com base nestas constatações que se decidiu implementar uma abordagem diferente que exigisse uma maior interação com e entre os alunos, mas faltava aqui o condimento essencial que despoletasse a colaboração dos alunos, o “contexto”.

Ora, o desporto é um assunto que desperta bastante interesse da maioria dos jovens em idade escolar e foi precisamente esse o contexto que se decidiu usar. A Física do desporto é uma área de estudos que pode ser fascinante, com aplicações práticas imediatas evidentes e um grande potencial pedagógico, que pode dar uma motivação especial na procura de explicação de muitos fenómenos.

Tavares e Alarcão (1992) *in* (Morais, 2006) referem a respeito do interesse dos jovens por determinados temas: “Piaget chama também a atenção para o facto de que o ensino deve estar de acordo com os interesses e curiosidades da criança (jovem), deve ser significativo para ela e não apenas um papaguear de palavras proferidas por outrem, o que conduziria a um mero verbalismo. Nem demasiado difícil, para não ser frustrante, nem demasiado fácil para não ser maçador. As tarefas e o material a apresentar devem ser selecionados e organizados de modo a que a criança sinta uma certa tensão (benéfica) que a leva em busca da equilíbrio e que se traduz num desejo de aprender, é aquilo a que os educadores designam muitas vezes por motivação da aprendizagem”.

Assim, sem simplificar demasiado, pretendeu-se elaborar um plano de ação do estudo da Física do 12º ano, principalmente em relação aos conteúdos de Mecânica (mas não só). Esse estudo seria ancorado, primeiramente, na execução prática de desporto (nas aulas de Educação Física ou noutras situações do quotidiano), com filmagens e posterior análise das mesmas e sua discussão. Visou-se com isto conseguir uma aprendizagem mais efetiva, assertiva e duradoura dos conteúdos programáticos.

Poucos temas, como o do desporto, podem agradar tanto aos nossos jovens, dar exemplos tão reprodutíveis e serem tão interdisciplinares. Esta interdisciplinaridade é evidente com todas as outras áreas do saber, desde a biologia e a área médica passando por todas as disciplinas curriculares, incluindo as ciências sociais. Neste caso em particular, destaca-se a imprescindível colaboração dos professores de Educação Física das turmas em que estavam inseridos os alunos do grupo de intervenção. Essa colaboração foi total, tanto no acesso às aulas e material desportivo, como na discussão anterior e posterior à execução de muitos exercícios, que levaram os resultados obtidos e as conclusões relevantes para um patamar superior ao inicialmente esperado. Pretendemos que os alunos interagissem uns com os outros, participando em discussões e questionamentos científicos, solidificando e esclarecendo as suas ideias e conceitos. As atividades em grupo são uma maneira extremamente eficiente de envolver ativamente os alunos.

Este trabalho pretendeu aferir a possibilidade de usar abordagens diferentes que envolvessem ativamente os alunos, pois é urgente e necessária uma profunda viragem no processo

de ensino e aprendizagem. Isto significa, efetivamente, que o papel das escolas tem que mudar (Leite e Orvalho, 1995).

As escolas deixaram de ter somente a função de fornecer a bagagem do conhecimento, acrescentando-se o desenvolvimento de atividades de modo a que os jovens se tornem capazes, criativos, competitivos e inovadores. É então necessário um ensino que não se limite a um conjunto de factos e conceitos, mais ou menos relacionados entre si, mas que provoque alterações do comportamento dos alunos, que os leve a reconhecer as potencialidades da Ciência e que os prepare de uma forma mais eficaz para as exigências da sociedade atual.

Nesta perspetiva, é comum o professor interagir com os alunos durante a execução de tarefas, também ele como aprendiz. “A responsabilidade pela mudança pertence a todos, mas o professor só conseguirá evoluir se for ao mesmo tempo professor e aprendiz, criador de ambientes de aprendizagem que permitam a produção de novos conhecimentos. Sendo o aluno o centro de todas as atividades educativas, as mesmas devem ser diversificadas, potenciando o desenvolvimento de capacidades de aprendizagens significativas, autonomia e autoconfiança. Assim, o professor na sociedade de informação já não deve pretender transmitir somente os dados, mas também tornar os seus alunos capazes de navegar no meio desse mar de dados. Deve animar o processo de seleção e organização desses dados, pelos seus alunos, despertando-lhes a curiosidade, fomentando a análise e o espírito crítico, auxiliando a síntese e a reflexão, em suma, estimulando-os a construir o seu próprio conhecimento” (Morais, 2006).

Esta abordagem, que se pretendeu contextualizada, não é novidade no sistema educativo português; aliás, no próprio programa de Física do 12º ano (M. E., 2004) é salientada a importância de um ensino CTS-A (Ciência Tecnologia, Sociedade e Ambiente). O sistema Educativo português é mesmo um dos mais avançados nesta área, como o confirma a análise dos documentos do Projeto *Profiles* (<http://www.profiles-project.eu>), um projeto financiado pela União Europeia, que integra Universidades de 20 países e que pretende estudar e fomentar o uso desta metodologia no ensino das ciências. Segundo dados do *Profiles*, podemos verificar que muitos países europeus ministram ainda um ensino muito tradicional sem dar relevância à contextualização dos assuntos abordados. Contudo, em Portugal, apesar de ela existir, essa contextualização nem sempre é feita da melhor forma, usando exemplos pouco apelativos para os alunos e principalmente não relacionados entre si que levam ao pouco interesse por parte destes.

Deve salientar-se que o ensino ministrado ao grupo de alunos de intervenção não assentou exclusivamente na abordagem aqui mencionada, ou seja, ela serviu de complemento a um plano de ação dito mais tradicional, mas que o substituiu em muitos pontos. Tal explica-se, por um lado, pela convicção de que os alunos ficarão a ganhar quando se usa uma complementaridade de estratégias, pois a sociedade é também ela complexa e é necessário ter discernimento para mudar de “tática”

sempre que tal se mostre vantajoso; por outro lado, há planificações de Grupo Disciplinar e *timings* que é necessário respeitar, a que acresce a necessária e útil colaboração com os restantes colegas. A cobrança de um papel mais ativo não implica necessariamente a extinção de aulas expositivas em momentos específicos, mas sim a sua modificação e reavaliação (Mazur, 2001).

Com esta abordagem, além da eficácia momentânea dos conhecimentos desenvolvidos, pretendeu-se também verificar a relevância e manutenção desse conhecimento a prazo, tal como é explicado no capítulo referente à avaliação do método.

A dissertação tem a seguinte estrutura de base:

Capítulo 2- São mencionadas investigações no âmbito da didática das Ciências onde se apresentam pormenores essenciais a ter em conta no processo de ensino e aprendizagem da Física.

Capítulo 3- É feito um resumo da metodologia utilizada, com as etapas e os instrumentos usados na intervenção efetuada.

Capítulo 4- São apresentados os conteúdos científico/pedagógicos que foram explorados durante a intervenção realizada junto dos alunos. De forma sumária também são dadas explicações sobre a forma como alguns desses conteúdos foram trabalhados.

Capítulo 5- Abordam-se as características do instrumento de avaliação da intervenção, bem como o objeto dessa avaliação. Também se debate a aplicação desse instrumento e os resultados obtidos.

Capítulo 6- É feita uma análise global da intervenção, assim como são evidenciadas ameaças à validade do estudo e evoluções futuras sobre o método.

[Capítulo 2] A Física em contexto de ensino

2.1- Trabalho prático nas aulas de Física

2.1.1- A relevância do ensino prático

A disciplina de Física é unanimemente associada ao trabalho laboratorial/experimental. Ela é mesmo agrupada no Departamento das “Ciências Experimentais”.

A frase “eu ouço e esqueço, eu vejo e lembro, eu faço e compreendo”, uma versão da célebre citação de Confúcio “diz-me, e eu esquecerei, ensina-me e eu lembrar-me-ei, envolve-me e eu aprenderei”, tem sido muito citada como uma justificação para o trabalho experimental. Este deverá auxiliar a aprendizagem da Física e poderá servir para “verificar uma teoria”, “descobrir uma teoria” ou “elucidar uma teoria”. Será sempre necessário que teoria e prática convirjam (Woolnough, 1985).

Os locais de experimentação dos fenómenos físicos aparentemente não necessitavam de tantas condições especiais como os de Química, por isso inicialmente nem se falava em laboratórios de Física, que só começaram a surgir no século XIX. O primeiro terá sido o de Cavendish, na Universidade de Cambridge, Inglaterra. Foi fundado em 1874, mais de dois séculos após os primeiros laboratórios químicos (Crosland, 2005). Mas desde o início que as teorias Físicas necessitam de uma confirmação experimental indubitável para serem aceites. Não se compreende por isso que se possa ensinar Física sem recorrer à experimentação.

Tradicionalmente o ensino das ciências tem colocado a ênfase na instrução formal de um corpo de conhecimentos bem definido, suportada por uma lógica de “transmissão cultural” dos conteúdos da ciência (Pope e Gilbert, 1983), entendidos como produtos acabados, certos e infalíveis e, como tal, inquestionáveis, não problemáticos e não negociáveis. Trata-se de um ensino baseado na estrutura dos conteúdos científicos, que pressupõe que uma organização bem elaborada em termos de relações formais entre os conceitos científicos possibilitará aos alunos desenvolver essa estrutura concetual.

Esta perspetiva de transmissão cultural configura um ensino verbalista assente quase exclusivamente na exposição oral dos conteúdos científicos pelo professor. Em termos psicopedagógicos, assenta no pressuposto de que a aprendizagem ocorre através de um processo de acumulação de informações, cuja compreensão é normalmente avaliada em termos da sua capacidade de memorização, ou seja, de reprodução das informações e aplicação das regras definidas (Almeida, 1996).

Esta situação perdura, apesar de já na década de sessenta do século passado, Piaget (1969) alertar para a necessidade de concretizar o ensino, dando-lhe um cunho essencialmente

experimental, embora sempre associado à argumentação teórica. Nas palavras de Piaget, "se pretendemos formar indivíduos criativos e capazes de fazer progredir a sociedade de amanhã, é evidente que uma educação baseada na descoberta ativa da verdade é superior a uma educação que se limita a transmitir verdades e conhecimentos acabados". Na mesma linha, Bruner (1973) reconhece que a aprendizagem se deve basear na experimentação, recomendando o recurso a todo o tipo de material didático e a utilização frequente do laboratório, numa perspetiva de exploração de alternativas ou, por outras palavras, de aprendizagem por descoberta dirigida.

Brook, Driver e Johnston (1989) salientam que a ciência não se restringe à descrição de fenómenos e acontecimentos do mundo natural, mas envolve também ideias e modelos desenvolvidos pela comunidade científica para prever e interpretar esses acontecimentos, assim como os processos através dos quais essas ideias são desenvolvidas e avaliadas. A aprendizagem da ciência deve envolver estas duas componentes da ciência: as interpretações que a comunidade científica faz dos fenómenos e os processos através dos quais essas interpretações mudaram e continuam a mudar.

É aqui que entra o papel do ensino prático das ciências em geral e da Física em particular. As atividades práticas poderão unir a descrição e a interpretação dos fenómenos com o recurso a modelos. Envolver os alunos na realização de trabalho laboratorial tende a valorizar as potencialidades destes no sentido de permitir atingir objetivos relacionados com a aprendizagem de conhecimento conceptual e procedimental, bem como o uso de metodologia científica, o envolvimento em atividades científicas e a promoção de capacidades de pensamento. Neste último aspeto, é de salientar o desenvolvimento de pensamento crítico e criativo e o desenvolvimento de atitudes como, por exemplo, a abertura de espírito, a objetividade e a prontidão para suspender juízos sempre que a evidência e as razões não sejam suficientes para o sustentar (Hodson, 2000). O trabalho laboratorial ajuda a desenvolver, entre outros, a comunicação, a literacia e o raciocínio (Hodson, 2000, Millar, 2004, Wellington, 1998). Não será de descurar ainda o desenvolvimento e aprimoramento de movimentos específicos e motricidade fina para executar os trabalhos.

Defende-se assim que para a Ciência progredir é necessário a obtenção de dados significativos, sendo fundamental o recurso à experimentação, como forma de evidenciar a informação epistemológica relevante.

Acresce que, ao serem desenvolvidas com base no trabalho colaborativo, as atividades experimentais contribuem para a inclusão social, proporcionando oportunidades educativas a todos os alunos. Este trabalho colaborativo facilita a apropriação de conhecimentos e a mobilização/desenvolvimento de competências a nível afetivo, social e cognitivo, contribuindo para a aceitação da diversidade (Silva e César, 2005).

Todos estes objetivos do trabalho experimental estão organizados por Lopes (1994) na tabela 1.

Os objetivos a atingir com a realização de trabalho experimental	
1.	Desenvolver no aluno capacidades e atitudes associadas à resolução de problemas em Ciência, transferíveis para a vida quotidiana, tais como: - Espírito crítico, nomeadamente a formulação de hipóteses; - Observação; - Tomada de decisão acerca de: material; variáveis a controlar; procedimento, técnicas e segurança; organização e tratamento de dados, etc.; - Responsabilidade; - Autonomia e persistência
2.	Familiarizar os alunos com as teorias, natureza e metodologia da Ciência e ainda a relação CTSA (Ciência, tecnologia, sociedade e ambiente).
3.	Levantar conceções alternativas do aluno e promover o conflito cognitivo com vista à sua mudança conceptual.
4.	Desenvolver no aluno o gosto pela Ciência em geral, e pela disciplina e/ou conteúdos em particular.
5.	Desenvolver no aluno capacidades psicomotoras, com vista à eficácia de execução e rigor técnico das atividades realizadas.
6.	Promover no aluno atitudes de segurança na execução de atividades de risco transferíveis para a vida quotidiana.
7.	Promover o conhecimento do aluno sobre material existente no laboratório e associá-lo às suas funções.
8.	Proporcionar ao aluno a vivência de factos e fenómenos naturais.
9.	Consciencializar o aluno para intervir, esclarecidamente, na resolução de problemas ecológicos/ambientais.
10.	Promover a sociabilização do aluno (participação, comunicação, cooperação, respeito, entre outras) com vista à sua integração social.

Tabela 1- Objetivos do trabalho experimental (Lopes, 1994)

Esses objetivos serão atingidos devido às características diferenciadoras associadas a este tipo de trabalho (Cármén, 2000 *in* Dourado 2001) enunciadas na tabela 2:

Caraterísticas do trabalho prático/experimental	
1.	São realizados pelos alunos, ainda que com um grau variável de participação no seu desenho e execução;
2.	Implicam o recurso a procedimentos científicos com características diferentes (observação, formulação de hipóteses, realização de experiências, técnicas manipulativas, elaboração de conclusões, etc.) e com diferentes graus de aproximação relativamente ao nível dos alunos;
3.	Requerem a utilização de materiais específicos, semelhantes aos usados pelos cientistas, ainda que por vezes simplificados para facilitar a sua utilização pelos alunos;
4.	Recorrem com frequência em espaços diferentes da aula (laboratório, campo), ainda que os trabalhos mais simples possam decorrer na sala de aula; envolvem certos riscos, pois a manipulação de material

ou a realização de excursões aumenta o perigo de acidentes, pelo que é necessário adotar medidas para as reduzir ao mínimo; são mais complexas de organizar do que as atividades habitualmente realizadas, nas quais os alunos se limitam a escutar, ler ou resolver exercícios de papel e lápis

Tabela 2- Caraterísticas do trabalho experimental (Cármén, 2000)

O trabalho experimental deverá ser devidamente enquadrado, recusando a construção do conteúdo pelo professor e limitando o contributo pessoal de significados, por parte do aluno. Para além disso, o aluno não deverá ser encarado como um mero consumidor da planificação feita pelo professor, e este deverá levá-los a que se apropriem da teoria adequada para interpretar o que observam sem recurso a interpretações à luz de conceções erróneas.

O facto de o trabalho experimental ajudar a alcançar objetivos de uma tão grande diversidade de domínios, não significa que sempre seja útil, pelo que é necessário (re)examinar criticamente o papel do ensino laboratorial, enquanto auxiliar da aprendizagem das ciências pelos alunos. Hodson (2000) coloca sérias reservas quanto à eficácia do trabalho experimental tal como é habitualmente implementado na sala de aula e sugere a necessidade de repensar a sua abordagem, referindo que, se pretendemos explorar as suas enormes potencialidades, tornar-se-á necessário clarificar o objetivo a atingir, selecionando uma atividade adequada. Afirma, ainda, que muito se teria a ganhar se redefiníssemos a noção de trabalho experimental, de forma a incluir um leque mais alargado de estratégias de ensino e de aprendizagem, tal como o uso de simulações em computador (que o autor considera uma técnica poderosa para envolver o aluno em aspetos mais criativos da ciência), proporcionando-lhe uma compreensão da natureza da prática científica. Uma tal diversidade possibilitaria contemplar uma maior variedade de objetivos, tendo em conta as distinções entre:

1. Aprender Ciência – adquirir e desenvolver conhecimento conceptual e teórico;
2. Aprender acerca da Ciência – desenvolver uma compreensão sobre a natureza e métodos da Ciência e uma perceção das complexas interações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente;
3. Fazer Ciência – empenhar-se e desenvolver competências em investigação científica e resolução de problemas.

(Hodson, 1992) *in* (Carvalho *et al.*, 2012)

Nesta linha de pensamento, encontramos epistemólogos tão diversos como Bachelard, Popper, Kuhn, Lakatos e Laudan. Todos eles reconhecem a importância da experimentação na construção do conhecimento, sendo unânimes em considerar que, devido ao modo como as atividades experimentais decorrem tradicionalmente na sala de aula, o seu contributo será nulo ou até contraproducente na construção do conhecimento dos alunos. Das posições de todos os autores

analisados, resulta um novo paradigma para o ensino da Ciência, baseado na valorização do papel do aluno na construção do seu conhecimento.

O trabalho laboratorial deve assim ser dinamizado e (re)orientado para a compreensão de conceitos científicos e para o desenvolvimento de capacidades de pensamento requeridas para a tomada de decisão a nível pessoal, a participação esclarecida em assuntos cívicos e culturais e a produtividade a nível económico.

Diversos autores, como Wellington (1998) e Hodson (2000), também assinalam que a motivação para a realização de atividades mais práticas não pode ser assumido como um dado adquirido, argumentando como principal causa o facto de ser realizado o trabalho que interessa ao professor e não necessariamente o que interessa ao aluno. Isto não é necessariamente mau, ou pelo menos tão mau como muitos opinadores às vezes fazem parecer, pois o professor é, à partida, o mais esclarecido para perceber quais as atividades verdadeiramente importantes; mas se se conseguir aliar o interesse dos alunos, obviamente os resultados finais serão, à partida, mais conseguidos.

É neste contexto que se desenvolveu o trabalho de base desta dissertação, tendo procurado aproximar os trabalhos realizados ao interesse dos alunos, mas sem perder da linha de visão o objetivo último da instrução em Física.

2.1.2- Diferentes denominações associadas às atividades práticas

Como sinónimos de trabalho experimental (TE) surgem por vezes as designações: trabalho prático (TP), trabalho laboratorial (TL) e até trabalho de campo (TC). Embora numa análise menos rigorosa pareçam corresponder à mesma realidade, estas designações encerram atribuições distintas, mas não estanques, já que algumas tarefas incluem simultaneamente mais do que um destes tipos de trabalho.

Alguns autores, como Woolnough (1991), consideram que TP corresponde a TL. Mas há outros autores mais puristas (Hodson,1988), que consideram que o TP nem sempre inclui necessariamente trabalho em laboratório. Assim, o TP, enquanto recurso didático à disposição do professor, inclui todas as atividades em que o aluno esteja ativamente envolvido (no domínio psicomotor, cognitivo e afetivo). De acordo com esta definição o âmbito do TP é mais alargado e inclui, todos os outros tipos de trabalho (TE, TL e TC).

Segundo Leite (2001), o TE envolve todas as atividades que exigem o controlo e manipulação de variáveis. Logo, as atividades experimentais podem corresponder a atividades laboratoriais, atividades de campo ou a qualquer outro tipo de trabalho prático.

O critério principal para assumir uma atividade como laboratorial ou de campo diz respeito ao local onde a mesma se desenvolve. Como refere Hodson (1988), o TL inclui atividades que

requerem a utilização de materiais de laboratório, mais ou menos convencionais, e que podem ser realizadas num laboratório ou mesmo numa sala de aula normal (desde que não sejam necessárias condições especiais, nomeadamente de segurança, para a sua realização). O TC é realizado ao ar livre, onde, geralmente, os acontecimentos ocorrem naturalmente (Pedrinaci, Sequeiros e Garcia, 1992) *in* (Dourado, 2001). As atividades de TC proporcionam a possibilidade de perceção da amplitude, da diversidade e da complexidade dos fenómenos naturais, das transformações que ocorrem na natureza, da diversidade da fauna e flora de uma dada região e da sua interação com o meio. Estes aspetos favorecem ocasiões privilegiadas para a aquisição de conhecimentos e para o desenvolvimento de capacidades, nomeadamente no que respeita à observação, à interpretação, à reflexão e à análise dos fenómenos em ambiente natural (Chaves, 2003) *in* (Amaro, 2006).

Em síntese e recordando os critérios que permitem distinguir cada um dos tipos de trabalho, temos que o critério de distinção do TP de outros recursos didáticos, corresponde ao envolvimento que os alunos têm na realização de atividades; o critério que distingue TL e TC de outros TP corresponde ao local de realização das atividades e o critério que permite distinguir o TE de trabalho não experimental centra-se na metodologia utilizada, especificamente nos aspetos referentes ao controlo e manipulação de variáveis. Verificamos, assim, que o critério utilizado na distinção dos diferentes conceitos não é da mesma natureza, o que conduz a que, entre eles, não ocorram situações de absoluta exclusão. Assim, se TP corresponde a um "território" mais amplo que inclui todos os outros tipos de trabalho, verifica-se que relativamente ao TL, TC e TE, embora existam "territórios" específicos (definidos pelo critério distintivo), estes não são exclusivos. Como tal, existem atividades de TL que são TE e outras que não o são; existem atividades de TC que não são TE e outras que o podem ser. Neste último caso, as condições oferecidas pelo local de realização da atividade (campo) dificultam o controlo e manipulação de variáveis. Para terminar, queremos ainda realçar que a realização de TE não se esgota nas atividades de TC e TL.

Como é óbvio, o desenvolvimento de atividades que implicam envolvimento ativo do aluno (e portanto, a realização de TP) não se esgota na realização de TL e TC. Portanto, são também consideradas como TP a pesquisa de informação em diferentes fontes, o desenho de uma estratégia de resolução de problemas (Pro,2000), atividades de resolução de problemas de papel e lápis, de pesquisa de informação na biblioteca ou na *internet*, de utilização de simulações informáticas, etc. (Hodson, 1988).



Fig. 1- Relação entre os vários tipos de atividades práticas (adaptado de Leite, 2001)

Atendendo ao facto de muitas atividades encerrarem mais do que um tipo de categorização, nesta dissertação será usualmente aplicado o termo genérico trabalho prático, sempre que se refira a trabalho realizado por e com alunos, quer seja na sala de aula, quer seja no exterior.

2.1.3 Dificuldades na introdução do trabalho laboratorial/experimental no ensino das Ciências

Alguns autores defendem que o insucesso da implementação do trabalho laboratorial reside no modo como o mesmo é realizado, pois este assume habitualmente características prescritivas, assentes no cumprimento de instruções detalhadas, conduzindo os alunos para a resposta correta (Garcia Barros *et al.*, 1998). O trabalho laboratorial assim realizado consiste essencialmente em demonstrações realizadas pelos professores ou atividades de carácter ilustrativo (Dourado, 2001). Acresce o facto de muitos professores, menosprezarem eles mesmo o desenvolvimento de atividades laboratoriais/experimentais.

De acordo com o Livro Branco da Física e da Química – Diagnóstico 2000, recomendações 2002 (Martins *et al.*, 2002), num estudo realizado com 648 professores, analisaram-se as razões para que estes não realizassem mais atividades laboratoriais (tabela 3):

	Básico %	Secundário %
Falta de laboratórios e afins	43	32
Falta de tempo para preparação das aulas e avaliação do TE	47	41
Falta de apoio de um técnico de laboratório	48	50
Falta de equipamentos ou materiais	37	30
Falta de aproveitamento dos alunos para o esforço dispendido pelo professor	34	30
Falta de formação contínua adequada	19	27
Falta de verbas	19	15
Falta de apoio do formador disponível na escola ou noutra local próximo	14	20
Dificuldades em reparar equipamento avariado	12	19
Falta de ambiente propício na escola	18	12
Existência de equipamento avariado	12	14
Falta de experiência pessoal	6	10
Desconhecimento do funcionamento do equipamento	12	6
Falta de motivação pessoal	4	6

Tabela 3- Razões dos professores para não efetuar mais trabalho experimental (Martins *et al.*, 2002)

As razões apresentadas pelos professores para não realizarem atividades laboratoriais podem ser incluídas em duas categorias:

- Falta de condições laboratoriais;
- Escassez de tempo;

A essas categorias, pode ainda ser acrescentada, segundo o mesmo documento, a razão:

- Elevado número de alunos por turma.

Em suma, salientam quase sempre razões de ordem logística e institucional, exteriores ao próprio docente.

2.1.4- Trabalho Prático nas escolas portuguesas

Dos estudos realizados em Portugal ao nível da caracterização do ensino experimental das ciências (Cachapuz *et al.*, 1989, Miguéns, 1991, Valente *et al.*, 1989, Almeida, 1995) evidenciava-se, por um lado, a fraca utilização de trabalho experimental nas aulas de ciências e, por outro, quando este ocorria, a predominância de demonstrações e verificações experimentais. O mesmo pode ser evidenciado por Martins *et al.* (2002) nas tabelas 4 e 5:

	Básico %	Secundário %
Resolução de exercícios	84	87
Resolução de problemas	68	68
Exposição pelo professor	67	58
Exposição com demonstrações e questões	55	49
Correção de testes e TPC	54	43
Revisão da matéria	37	29
Realização de trabalho experimental	27	21
Episódios da História da Física e da Química	8	8
Trabalho de projeto	1	1
Aulas dadas pelos alunos	0	1

Tabela 4- Situações de ensino na sala de aula (Martins *et al.*, 2002)

Nesse estudo, os autores constataram que apenas cerca de ¼ dos 1354 professores de Física e Química de que era constituída a amostra, realizava regularmente atividades experimentais (tabela 4). De entre estes, as atividades experimentais realizadas eram viradas principalmente para a verificação de leis, fenómenos e teorias, quase não explorando a formulação e verificação de hipóteses pelos alunos e a resolução de problemas abertos (tabela5):

	Básico %	Secundário %
Demonstração comentada	92	87
Experiências para ajudar a compreender conceitos	91	86
Experiência guiada por uma ficha de trabalho	86	91
Escrita de relatórios	80	82
Manuseamento de equipamento	82	77
Obtenção e análise de dados	68	69
Planeamento de experiências para testar hipóteses	40	38
Discussão dos resultados experimentais	22	31
Síntese do trabalho experimental	18	16

Tabela 5- Atividades e metodologias de trabalho em aulas experimentais (Martins *et al.*, 2002)

Pode, assim, notar-se que este tipo de atividades, a par das designadas atividades de “descoberta”, corresponde à conceção e prática corrente do trabalho experimental enquadrado numa abordagem da educação em ciências centrado somente nos conteúdos.

De acordo com o Livro Branco da Física e da Química (Martins *et al.*, 2002), a avaliação que se pratica nas nossas escolas está muito centrada em testes escritos, com um peso médio de 68% na classificação final. Para as atitudes e valores sobra um peso variável entre 5% e 15%. A percentagem referente às atividades experimentais era, para a esmagadora maioria dos professores envolvidos,

menor do que 10%. A amostra a que dizem respeito estes resultados foi composta com 501 professores (tabela 6):

	< 10%	10 a 20%	21 a 50%	51 a 80%	>80%	Média
Testes escritos	1	1	23	73	2	68
Relatórios escritos	52	41	7	-	-	14
Questões grais	48	48	4	-	-	10
Observações das aulas	71	27	2	-	-	10
Mini-testes	82	17	1	-	-	10
Testes teórico-experimentais	85	13	2	-	-	10
Testes experimentais	86	13	1	-	-	10
Avaliação subjectiva	87	12	1	-	-	9
Trabalhos de projeto	92	8	-	-	-	9
Trabalho para casa	66	33	1	-	-	8

Tabela 6- Percentagem dos diferentes processos na avaliação final dos alunos em Portugal- ano 2000 (Martins *et al.*, 2002)

Isto mostrou inequivocamente que alguma coisa teria de ser feita, pois não estávamos a aproveitar os benefícios do ensino experimental. Na tentativa de alterar isto, começaram a ser trabalhados estes temas na formação de professores e também houve algum reapetrechamento dos laboratórios escolares. De facto, quando se analisam os recheios laboratoriais das escolas mais antigas em comparação com aquelas que foram construídas nos anos 70/80 do século passado, verifica-se facilmente que houve uma inversão na utilização de trabalhos práticos ao serviço do ensino. A discrepância entre as orientações programáticas em vigor e a aplicação em sala de aula, destacada por estudos já realizados noutros países (Cachapuz, 1989, Miguéns, 1999) também existia em Portugal. Estes estudos, para além de salientarem uma fraca utilização do trabalho experimental nas aulas de Ciências, sublinhavam também a prevalência de uma postura diretiva dos professores, tal como já foi referido, na condução de atividades experimentais, no âmbito do ensino da Física e Química, em qualquer nível de ensino.

Com a consciência da importância do trabalho prático/experimental procurou-se efetuar uma renovação curricular. Com a reforma curricular de 1989 (Decreto-Lei n.º 286/89), as escolas viram melhorar quer as infraestruturas, quer os equipamentos. Houve uma evolução muito tímida no caso do ensino básico, mas essa evolução foi muito maior no ensino secundário. Efetivamente, a perceção da importância do trabalho prático/laboratorial, levou a criar disciplinas específicas de Técnicas Laboratoriais das diferentes Ciências (no Curso de Carácter Geral do Agrupamento 1 – Científico e Natural). Contudo essas disciplinas eram opcionais e para além das Técnicas Laboratoriais de Física, ainda havia as de Química, de Biologia, de Geologia e outras disciplinas como a Introdução às Tecnologias de Informação. Deste leque alargado os alunos deveriam escolher duas, o que na prática significou que só um número muito reduzido escolheu Técnicas Laboratoriais de Física.

Os projetos *Ciência Viva* foram uma grande ajuda na demanda do apetrechamento dos laboratórios escolares durante esses anos.

A 18 de Janeiro de 2001 foi publicado o Decreto-Lei n.º 6/2001, regulando uma nova reforma do ensino básico, defendendo-se a necessidade da reconceptualização do trabalho experimental (de modo a que reflita as características do trabalho científico) e da reavaliação do seu papel e estatuto, no contexto da educação em Ciência. Pelo menos em termos de legislação, foi dado um papel de destaque ao trabalho experimental. Este passou a ser perspectivado como uma atividade de natureza investigativa de modo a que, fazendo uso dos métodos e processos de trabalho em Física e Química, habilite os alunos para a resolução de problemas abertos. Na alínea e) do artigo 3.º do referido documento, referia como princípios orientadores dos processos de ensino e de aprendizagem, a “valorização das aprendizagens experimentais nas diferentes áreas e disciplinas (...) promovendo a integração das dimensões teórica e prática”.

Em Março de 2004, surgiu a reforma do ensino secundário (Decreto-Lei 74/2004), que mantinha e amplificava, a referência à importância do trabalho experimental, embora tenha havido uma alteração com a supressão das disciplinas de Técnicas Laboratoriais e sua integração na disciplina de Física e Química A (no Curso Científico Humanístico de Ciências e Tecnologias). A disciplina de Física e Química (A) aumentou a carga horária semanal de 4 para 6 tempos letivos (embora cada uma das antigas disciplinas técnicas tivesse 3 tempos). Este facto, para a disciplina de Física, até foi ligeiramente produtivo, pois não esqueçamos que eram poucos os alunos que escolhiam as Técnicas Laboratoriais de Física.

Porém, por outro lado, no curso de Ciências e Tecnologias, a Física e Química A deixou de ser obrigatória. Mais do que isso, se os alunos assim quisessem, podiam iniciar a disciplina de Física e Química A apenas no décimo primeiro ano, frequentando o segundo ano da disciplina no décimo segundo ano e ficando por isso, nesse ano, impedidos de escolher a Física ou a Química como disciplinas de opção. Ou seja, houve alunos que concluíram o Curso Secundário de Ciências e Tecnologias sem frequentarem Física nem Química; e mesmo que os alunos escolhessem iniciar a Física e Química A no décimo ano, chegados ao décimo segundo ano poderiam optar, por exemplo, por Psicologia B (dependendo da oferta da escola), terminando o décimo segundo ano sem ter tido, nesse ano, qualquer disciplina de ciências exceto Matemática, dado que foi limitado o número de escolhas de disciplinas de opção a uma única disciplina.

Este problema foi em parte resolvido no ano 2010/2011, quando a tutela deu novas orientações em que as duas disciplinas bienais deveriam ambas ser escolhidas no 10º ano e no 12º em vez de uma, os alunos teriam de passar a escolher duas disciplinas de opção, sendo uma obrigatoriamente do conjunto: Física, Química, Biologia ou Geologia.

Entretanto, um novo passo no reconhecimento do trabalho prático/experimental/laboratorial/campo tinha sido dado no ano 2008/2009, quando as disciplinas da área das ciências passaram a contar com mais um tempo de 45 minutos, a juntar a uma das aulas semanais de 90 minutos, de forma a tornar mais produtivas e exequíveis as aulas laboratoriais.

Mas, sem dúvida, o facto que provocou o aumento substancial da experimentação em meio escolar, fazendo disparar os já mencionados apenas 10% do peso de avaliação para a parte prática em 2000 (Martins *et al.*, 2002), para 30% (no mínimo), foi provocado pela saída de uma portaria em 2004, recentemente substituída pela Portaria n.º 243/2012 que veio tornar obrigatório que, no mínimo, 30% do peso da avaliação das disciplinas de Ciências fosse atribuído à parte prática.

Por isso, pelo menos administrativamente, os valores referentes à execução experimental nas aulas e sua avaliação de há uma década atrás, progrediram significativamente. Aparentemente a qualidade também, até porque é visível que cada vez mais os professores planificam atividades em conjunto com os seus pares (tendo esses indicadores também melhorado substancialmente). Infelizmente, não se conhece qualquer estudo recente a nível nacional que prove esta perceção encontrada no terreno. Temos, no entanto, dúvidas que a qualidade da intervenção, apesar da evolução, tenha aumentado tanto como a quantidade, pois o ensino experimental continua a ser feito na maioria das vezes pelo simples seguir de um guião (o protocolo encontrado nos manuais escolares), com uma exploração muito deficiente, o que leva à elaboração de relatórios de análise também eles pouco desenvolvidos. As demonstrações e verificações são as modalidades de atividades experimentais mais usadas, de estilo confirmatório do tipo "Realize para mostrar que..." ou "prove que...", em que o produto da atividade é, em ambos os casos, corroborativo de uma teoria previamente ensinada.

Talvez esteja na hora de alterar este estado de coisas e levar os alunos a realizar experiências de cariz alternativo, que lhes digam algo substancialmente maior.

2.2- Conceções alternativas

A função de ensinar não se resume apenas a transmitir conhecimentos aos alunos, partindo-se do princípio que estes possuem as suas mentes vazias, prontas a serem preenchidas com informações. Na realidade, os alunos, só pelo facto de estarem no mundo e de procurarem explicações para várias situações com que se defrontam, já chegam à sala de aula com ideias prévias sobre vários fenómenos e conceitos. O problema é que muitas dessas ideias estão erradas, não resistindo a uma análise cientificamente correta.

Essas "...ideias que aparecem como alternativas a versões científicas de momento aceites..." não podendo ser encaradas como "... distrações, lapsos de memória ou erros de cálculo, mas sim como potenciais modelos explicativos... resultando de um esforço consciente de teorização..."

(Cachapuz e Praia, 1994). E por muito erradas, do ponto de vista dos modelos científicos vigentes, que sejam essas interpretações, sendo mesmo incoerentes e inconsistentes, a verdade é que estas provêm de modelos por si desenvolvidos a partir do senso comum por observação direta. Estes modelos são utilizados pelos alunos para interpretar novas experiências, mesmo aquelas que derivam da instrução (Driver *et al.*, 1985, Gunstone *et al.*, 1985, Halloun *et al.*, 1985) in (Briosa, 2011).

Essas ideias são normalmente designadas por concepções alternativas, ou por conhecimentos prévios e correspondem a um conjunto de representações que os alunos já possuem quando vão para a escola, e que podem ser significativamente diferentes das que lhes vão ser ensinadas.

A explicação desta designação é explicada assim:

Concepção- Porque se refere a representações pessoais, de raiz afetiva, mais ou menos espontâneas, mais ou menos dependentes do contexto, mais ou menos solidárias de uma estrutura e que são compartilhadas por grupos de alunos;

Alternativa- Para reforçar a ideia de que tais concepções não têm um estatuto de conceitos científicos, que diferem significativamente destes, quer a nível do produto, quer do processo de construção, e que funcionam para o aluno, como alternativa dos conceitos correspondentes (Santos, 1991).

A existência, natureza, e origem de tais concepções (no contexto do ensino de Física), bem como sua interação com o pensamento científico tem sido objeto de numerosos estudos.

Quanto à origem destas concepções espontâneas, conclui-se que estas não são simples fruto de um ensino fraco e pouco claro, pois são manifestadas pelos alunos antes de qualquer abordagem escolar dos temas em questão. Villani (1989) explica a origem destas concepções espontâneas através da teoria de aprendizagem de Piaget: os alunos constroem o conhecimento espontâneo através de interações com o mundo real antes mesmo de terem contacto com o ensino escolar. Segundo Villani, esta origem das concepções espontâneas ajuda a compreender a enorme dificuldade em ajudar alunos a assimilar o conhecimento científico de modo a ser realmente aplicável a fenómenos do mundo tangível.

Os estudos realizados revelaram que as concepções (ideias) alternativas de crianças e adolescentes são pessoais, fortemente influenciadas pelo contexto do problema e bastante estáveis e resistentes à mudança, de modo que é possível encontrá-las mesmo entre estudantes universitários (Viennot, 1979).

Um facto surpreendente para muitos é a impossibilidade de encontrar uma relação entre a presença de determinadas concepções alternativas com o lugar, idade, língua dos alunos, contexto cultural e mesmo do eventual ensino ao qual os alunos foram submetidos (Villani, 1989). Esta “universalidade” de determinadas concepções espontâneas pode ser considerada como um facto

empírico reprodutível: procedimentos similares detetam a presença e natureza destas conceções com diferentes grupos de alunos em diferentes países, sistemas escolares, etc. Realizadas em diferentes partes do mundo, as pesquisas mostraram o mesmo padrão de ideias em relação a cada conceito investigado, para todos os alunos. Podemos perceber que apesar de numerosos, os erros encontrados nas respostas de diferentes alunos a uma mesma questão formam certos padrões, e que estes parecem representar uma tendência comum (Villani, 1989).

Este último facto poderá ajudar o professor na sua forma de atuação, pois diminui o problema da dificuldade de conhecer mais particularmente todas as ideias individuais de cada um dos seus alunos. Sabendo as principais ideias prévias erróneas (que se deverão estender à maioria dos alunos), o professor poderá planear aulas de forma a ir de encontro a essas dificuldades.

As conceções alternativas, segundo Pozo (1996) *in* Martins e Veiga (1999), podem ser de várias naturezas: sensorial, cultural e analógica (tabela 7).

Natureza das conceções alternativas

Natureza sensorial- para explicar o que designa por "conceções espontâneas" na perceção de fenómenos, processos e observações na vida quotidiana;

Natureza cultural- para explicar as chamadas "conceções sociais" resultantes da influência do meio social e cultural que envolve o aluno, sendo a sua transmissão feita através da linguagem;

Natureza analógica- para explicar as "conceções analógicas", que aparecem no desempenho das tarefas onde são estabelecidas analogias com ideias ou esquemas de conhecimentos provenientes de outras áreas.

Tabela 7- Natureza das conceções alternativas

"O que cada um é capaz de aprender num dado momento depende em grande parte daquilo que ele já sabe" (Doolittle, 2002). As conceções alternativas, frequentemente, têm origem na necessidade que o ser humano tem de construir explicações para compreender o mundo em que vive e com o qual interage em todas as suas esferas: sensorial, social e cultural. As experiências vividas pelo aluno no ambiente da escola e das aulas têm igual contribuição para a formação de conceções alternativas.

Apesar da diversidade linguística, cultural, económica e social é possível definir padrões e atributos que caracterizam as conceções alternativas na tabela 8 (adaptado de Santos (1991) e Marques (2005).

Características das conceções alternativas

- Menos estruturadas do que os conceitos científicos;
 - Referem-se a contextos restritos e a acontecimentos específicos;
 - Relacionam-se com aspetos ligados a experiências de natureza sensorial, logo são representações subjetivas;
 - Esquemas estruturados dotados de certa coerência interna;
 - Relacionam-se com a interpretação de fenómenos relacionados com a vida corrente;
 - Correspondem a tentativas para materializar ideias abstratas; • ligam-se a explicações egocêntricas e
-

-
- antropomórficas;
 - Esquemas persistentes e prodigiosamente resistentes à mudança;
 - A linguagem que as exprime é imprecisa, sendo usadas analogias tomadas à letra;
 - Revisitam perspectivas que foram assumidas como corretas pela comunidade científica no passado.
-

Tabela 8- Características das concepções alternativas

Talvez seja mais fácil compreender a formação de concepções alternativas se soubermos que muitas delas correspondem a modelos que já foram usados no passado pela Ciência, mas posteriormente abandonados ou alterados na sequência da evolução do conhecimento. Na realidade, verifica-se que muitas das ideias e justificações que os alunos apresentam na área da mecânica foram, em tempos, defendidas por intelectuais de renome da era pré-Newtoniana (Halloun e Hestenes, 1985b), e apresentam-se como modelos mentais coerentes com a explicação de fenómenos em contextos específicos e limitados (os famosos casos particulares).

O uso de episódios da História da Ciência pode ser usado com os alunos, como instrumento de identificação e transposição das suas concepções alternativas (Wandersee, 1986). Este paralelismo das ideias formadas pelos alunos com as ideias históricas entretanto abandonadas, deve-se à semelhança da metodologia usada pelas crianças e pelos cientistas do passado (Perez e Carrascosa, 1985), com recurso ao senso comum (Morais, 2006).

À medida que uma criança começa a explorar o seu mundo, constrói interpretações para os fenómenos que observa. A dada altura, o número de conhecimentos organizados internamente e integrados em esquemas de raciocínio é muito grande. Driver (1985) e seus colaboradores, referem que os esquemas são dotados de uma certa coerência interna. Assim, defende que as concepções que o indivíduo possui podem constituir uma base de construção de novas ideias, visto que as primeiras se revelam coerentes e lógicas.

Outros investigadores, como Santos (1991), dizem: “... o ensino das ciências não é tão efetivo quanto o professor pensa. O ensino de certos conceitos não tem impacto sobre concepções alternativas fundamentais. Estas são mascaradas pela memorização desses conceitos. (...) Conhecimentos que à primeira vista parecem rigorosos, lógicos e bem estruturados (mas que apenas resultam da colagem de conceitos) são, na primeira oportunidade, substituídos pelas concepções alternativas que continuam latentes com a sua lógica própria.” Esta visão reflete que, de certo modo, os alunos estão habituados a aplicar conceitos científicos só em contexto escolar, pelo que facilmente os esquecem e voltam a utilizar concepções alternativas primitivas para explicar determinada situação do dia-a-dia.

Assim, o processo ensino e aprendizagem não se resume à transmissão e receção de conhecimentos, sendo antes encarado como um processo de construção humana. Deste modo, a aprendizagem terá de provocar uma mudança ou uma evolução concetual (nos casos em que as ideias já existiam). Para que esta mudança ocorra, pressupõe-se que o aluno tome consciência das

suas concepções alternativas perante as novas ideias trabalhadas em conjunto com o professor, cabendo-lhe a tarefa de reestruturar, reformular e por vezes substituir essas concepções. O aluno não constrói o conhecimento sozinho, pois o professor é o mediador dessa construção.

Antevendo este “problema”, os professores terão que conhecer as concepções alternativas dos seus alunos no sentido de as usarem como um trunfo no processo educativo, valorizando-as enquanto ponto de partida e não como uma barreira a esse conhecimento, tendo em vista a mudança epistemológica. Os professores terão de lançar-lhes desafios de modo a propiciar a evolução das suas ideias e trabalhar os conceitos já abordados de várias formas, de modo a evitar o retorno das concepções prévias dos alunos.

Algumas estratégias que os professores poderão usar para determinar as concepções alternativas dos seus alunos estão expressas na tabela 9 (Freitas e Ruivo, 1991) *in* (Moraes, 2006):

Tarefas para diagnóstico de concepções alternativas
Formulação de perguntas e questões (pedir aos alunos que sugiram explicação de fatores e fenómenos, definam termos, comentem frases, etc.);
Elaboração de esquemas e redes conceptuais;
Elaboração, acabamento e legendagem de desenhos de estruturas e fenómenos;
Exploração de metáforas e analogias (pedir aos alunos que inventem ou escolham uma de várias metáforas e analogias e justifiquem as suas opções);
Organização de dramatizações e teatralizações (pedir aos alunos que dramatizem fenómenos ou situações).

Tabela 9- Tarefas para diagnóstico de concepções alternativas

A sala de aula é, assim, um espaço onde se constroem e expressam ideias. Por isso, deve ser um espaço aberto, isto é, deve ser um espaço em que o professor explicita os significados das suas palavras, abra campos para que os seus alunos possam também expressar os seus significados de modo a discutirem e chegarem a um consenso (Aragão e Schnetzler, 1995) *in* (Pires, 2007). Esse consenso deverá ser, obrigatoriamente, cientificamente correto.

Os professores terão assim de estar alerta e cientes de que as concepções alternativas prévias, são frequentemente estáveis ao ponto de resistirem a vários anos de instrução formal e condicionar de forma profunda a aprendizagem de muitos conceitos básicos em Física, nomeadamente na Mecânica Newtoniana (Driver *et al.*, 1985, Gunstone *et al.*, 1985, Halloun *et al.*, 1985, *in* Briosas, 2011). Alguns alunos chegam mesmo a perguntar aos seus professores se pretendem que respondam às questões como lhes foi ensinado ou como eles acham que deve ser a resposta (Mazur, 1997). Não é raro os alunos, mesmo com formação superior, manterem simultaneamente dois sistemas de ideias, um para o quotidiano (onde o senso comum e percepção pessoal impera) e outro para as questões científicas das aulas, como se os dois mundos fossem paralelos e não estivessem relacionados (Gunstone *et al.*, 1985, Halloun *et al.*, 1985b, Mazur, 1997).

As ideias do senso comum podem ser tão fortes e resistentes que impedem os alunos de observar o que realmente observam, condicionando os próprios sentidos durante as experiências, tornando o ensino tradicional incapaz de fazer a ponte entre as duas realidades (Gunstone *et al.*, 1985). Isto deve-se ao facto da aprendizagem resultar sempre do confronto entre o que observamos e o que pensamos ser real (Briosa, 2011).

“Face ao real o que se acredita saber ofusca claramente o que se deveria saber. Quando se apresenta à cultura científica, o espírito nunca é jovem. É mesmo muito velho – tem a idade dos seus preconceitos.” (Bachelard, 1947), citado por (Lopes, 1996).

Uma instrução baseada apenas na exposição teórica tem sido, para a maioria dos alunos, incapaz de promover o necessário conflito entre as suas ideias prévias e as ideias da ciência. Sem este conflito a mudança conceptual não ocorrerá e uma aprendizagem significativa e duradoura estará, à partida, comprometida (Briosa, 2011). O que percebemos nas entrelinhas é que um passo essencial para o professor, é perceber que existem essas concepções e que as mesmas causarão empecilhos na aprendizagem do aluno, pelo que deverão ser tratadas de maneira cautelosa. Deste modo, os professores deverão prestar atenção particular aos seus alunos e desenvolver estratégias para que possam atingir um pensamento científico sólido e acima de tudo duradouro.

Numa busca rápida na *internet* podem ser encontradas listas de concepções alternativas sobre muitos temas de Física, sendo este um importante ponto de partida para a preparação de qualquer tema pelo professor.

A mudança conceptual só ocorrerá quando a nova percepção do conceito seja sentida pelo aluno como mais consistente. E este só o será se se revelar mais útil e resolver mais problemas.

Neste trabalho procurou-se aferir se, realmente, as concepções alternativas relacionadas com o conceito de força e suas aplicações, foram ultrapassadas a médio prazo pelos alunos que participaram na intervenção, ou se de facto eles continuaram a adotá-las em detrimento do conhecimento considerado correto trabalhado nas aulas.

2.3- Meios audiovisuais e tecnologia ao serviço do ensino

2.3.1- As TIC integradas no processo de ensino e aprendizagem

Os alunos que frequentam hoje as nossas escolas pertencem àquela que frequentemente é chamada de *Zap Generation*, pois a sua vida é um verdadeiro *zapping* mercê das múltiplas solicitações oriundas da tecnologia que os rodeia e com que são confrontados (Morais, 2006). Na realidade, nenhuma outra geração na História da Humanidade cresceu rodeada de tantos dispositivos, tão

sofisticados e interativos como a geração atual. Isto terá obviamente influência na sua forma de ver o mundo e até na forma como se desencadeiam os seus processos de aquisição de conhecimento.

O surgir do *microchip* trouxe o primado da informação, o computador e as redes informáticas. O movimento e a transformação de ideias foram facilitados e acelerados. São os tempos da informação, da comunicação, da interatividade e da originalidade. Tudo isto está centrado na atual *autoestrada* da informação e comunicação: a *internet*.

As tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), passaram a ter um lugar central no dia-a-dia dos jovens e eles não conseguem perceber um mundo sem o acesso a estas. *Várias metáforas foram utilizadas para explicar a configuração da sociedade contemporânea a partir das TIC: “Aldeia global” (McLuham), “Sociedade Pós-industrial” (Bell), “Sociedade Pós-capitalista (Drucker), “Sociedade da informação (Toffler), “teia global” (Reich), “Infoera” (Zuffo) (Quartiero, 2009).*

Praticamente no espaço de uma geração, passou-se de uma *era* onde o essencial consistia em obter informação e memorizar conhecimento para outra, onde o essencial passa a ser selecionar informação, atualizar e mesmo reformular conhecimento.

Estas tecnologias revelam-se extremamente úteis na obtenção de informação atualizada e dado que a Física é uma ciência em constante evolução, tal potencialidade revela-se vantajosa para um ensino de qualidade.

Descobertas recentes ou estudos pedagógicos que até há poucas décadas atrás eram apenas divulgados em revistas científicas, são hoje muitas vezes anunciados e publicados na *internet* dispensando uma pesquisa exaustiva em diversos locais e publicações. O acesso à informação integrada auxilia o professor para uma melhor planificação das suas aulas, aplicações ou implicações relacionadas com os conteúdos curriculares, envolvendo-o ativamente na compreensão do modo como a ciência evolui.

Assim, mostrou-se ser, não só importante, mas mesmo inevitável, deixar entrar as TIC na sala de aula. No ensino das Ciências, as TIC assumem uma grande importância pois a sua capacidade didática é-lhe intrínseca: “Trata-se da utilização particularmente adaptada para explorar aspetos como simulação, modelação, interatividade, movimento, perspetiva tridimensional, todos eles com lugar próprio no âmbito do ensino-aprendizagem das ciências” (Cachapuz *et al.*, 2002). Atualmente, as nossas experiências quotidianas estão cada vez mais relacionadas com a ciência e com a tecnologia.

Se a tecnologia, por um lado, fornece à ciência os meios para avançar, por outro lado é também um produto da ciência. Assim, as novas tecnologias colocam ao serviço das ciências ferramentas que lhes permitem empreender investigações, cada vez mais sofisticadas, possibilitando assim um considerável avanço científico. É tanto que os jovens podem aprender (e aprendem) através da imensa quantidade de informação, de boa qualidade e visualmente agradável,

que circula pelos média em geral, desde programas televisivos, científicos e culturais, às enciclopédias em suporte multimédia, aos jogos e principalmente à *internet*.

“As Tecnologias de Informação e Comunicação trazem dentro de si uma nova possibilidade: a de poder confiar realmente a todos os alunos a responsabilidade das suas aprendizagens” (Carrierr (1998) citado por Rosa (1999). Figueiredo (1995) citado por Morais (2006) afirma que “a grande importância do acesso a ciberespaços é o facto de aí, os alunos poderem aprender fazendo coisas, em vez de aprenderem ouvindo dizer como é que as coisas podem ser feitas”

As escolas não têm somente o papel de fornecer a bagagem do conhecimento, mas também de desenvolver atividades de modo a que os jovens se tornem capazes, criativos, competitivos e inovadores. É então necessário um ensino que não se limite a transmitir um conjunto de factos e conceitos, mais ou menos relacionados entre si, mas que provoque alterações no comportamento dos alunos, que os leve a reconhecer as potencialidades da Ciência e que os prepare de uma forma mais eficaz para as exigências da sociedade atual.

O computador possibilita integrar numa determinada aplicação um conjunto de diferentes *media* (texto, imagem fixa e animada, som, vídeo), numa única tecnologia de apresentação. Esta integração é o que se denomina por “multimédia”. Assim, “as novas tecnologias poderão constituir ferramentas de trabalho, meios de descoberta e formação de conceitos, e instrumentos de resolução de problemas” (Ponte, 1997).

Durante o desenvolvimento das atividades que deram origem a esta dissertação, não estivemos interessados em todas as potencialidades atuais do computador em ciência, como por exemplo a aquisição de dados em tempo real, mas tão só as suas capacidades de análise numérica, gráfica e vídeo. A versatilidade conseguida através da instalação de novos *softwares*, muitos deles gratuitos e que podem ser descarregados e instalados diretamente da *internet*, potenciam, a cada dia, as possibilidades pedagógicas e didáticas das TIC. O esforço de apetrechamento informático das salas de aula, também veio facilitar a ação educativa, nomeadamente a criação de redes e a instalação de projetores multimédia.

2.3.2- Filmagens de atividades e sua análise com auxílio de *software* adequado.

Para além do computador e programas associados, “os vídeos podem contribuir fortemente para a autenticidade de um ambiente computacional de suporte à aprendizagem” (Boyle, 1997). De acordo com Norbis (1971) citado por Morais (2009), 50% do que aprendemos é através da visão e da audição, dois sentidos naturais perfeitamente contemplados nas aplicações vídeo. Assim, aliando o poder computacional ao dos vídeos, podemos exponenciar os resultados pretendidos.

Com o recurso a vídeos, podemos analisar uma e outra vez, explorando o objeto em estudo até termos percebido tudo. Se formos nós próprios a realizar os nossos vídeos, algo muito fácil e

barato nos dias que correm, podemos associar as vantagens do vídeo e das TIC ao dos trabalhos práticos e assim diminuir os constrangimentos monetários ligados à experimentação. De facto, por um lado podemos realizar menos ensaios e por outro, podemos mesmo evitar em muitos casos comprar dispositivos muito caros, tais como sensores e respetivas interfaces. O uso de sensores é aconselhado, estando hoje disponível uma gama muito vasta e sendo ferramentas com grande interesse pedagógico (Sousa e Carvalho, 2011), contudo estes, juntamente com as *interfaces* são muito dispendiosos o que inviabiliza a sua aquisição em muitas escolas.

O registo vídeo permite, assim, planear e testar as próprias hipóteses com experiências realizadas por si e analisá-las atentamente, sempre que necessário, posteriormente. Também leva a haja um maior envolvimento e atenção dos alunos na preparação e execução das tarefas em realização.

A filmagem permite ainda, em certos casos, diminuir a ansiedade decorrente da necessidade de registo das observações, pois pode sempre ser consultado na fase de análise, dando lugar a mais tempo para a discussão do objeto da experiência enquanto esta decorre. Este facto é particularmente importante se atendermos a que, muitas vezes, perdemos a perceção de partes importantes de algumas experiências enquanto estamos a tentar controlar os instrumentos de medição e a sua disposição.

No caso da Física em particular, o uso do vídeo permite, em muitas experiências, nomeadamente as que envolvam movimentos ou alterações de luminosidades, fazer uma análise recorrendo a *software* específico que permite mensurar e registar automaticamente muitas das variáveis em estudo, de forma muito mais rápida e simples do que pelos métodos tradicionais. Muitas vezes, estes *softwares* permitem mesmo criar e comparar modelos teóricos com o que se passa na realidade e assim ter uma melhor noção das aproximações efetuadas e tão necessárias em Física e ainda da perceção de que os modelos científicos, não passam de construções que tentam explicar a realidade. Quanto a essas aproximações usadas em muitos cálculos, os alunos poderão compreender quando é que tais aproximações terão sentido e quando não podem ser utilizadas.

Ao conseguir parar e rever o que se passou, a análise de vídeos permite que cada aluno se aperceba mais facilmente da falácia científica de algumas das suas conceções alternativas por visualização atenta do real. Pode mesmo, no seguimento do que foi dito da possibilidade de criação de modelos teóricos sobrepostos sobre os dados reais, verificar que estes não coincidem.

No final, todas estas tecnologias vão permitir-lhe apresentar de uma forma mais rápida e clara os resultados, discuti-los com os colegas e transmiti-los de forma muito económica.

2.3.3- Coexistência da tecnologia e do professor

Atendendo então ao acesso ao conhecimento que a tecnologia trouxe e à possibilidade imensa de autoformação, pode pensar-se que a tecnologia substituirá os professores. Contudo a tecnologia não é autossuficiente. Apenas o professor, através do contacto pessoal, consegue identificar e estimular a curiosidade dos alunos. Apesar deste otimismo associado ao uso das TIC, pois “os computadores expandem as paredes da sala de aula e os horizontes dos estudantes!” (Kantrowitz (1994), citado por Silva (1997) *in* Morais (2006)), é necessário ter em conta que as novas tecnologias não implicam a diminuição da importância do professor, apenas apontam para a redefinição do seu papel, pois estes “jamais serão prescindíveis, com os seus talentos, a sua competência e o seu entusiasmo” (Paiva, 1997). O seu papel é fundamental e insubstituível, “um computador não substitui um professor, mas um professor que saiba de computadores pode substituir outro que não saiba” (Paiva, 2005). Cabe então ao professor a tarefa de conciliar os recursos digitais que tem ao seu dispor, o quadro e giz, recursos existentes em todas as salas de aula e o seu gosto por ensinar para melhor preparar e lecionar as suas aulas.

Dependendo da forma como os recursos digitais são utilizados pelo professor, o processo de ensino e aprendizagem poderá ser melhorado ou não. É que, mesmo tendo em conta todas as vantagens do uso das TIC, através de investigação, concluímos que é uma empreitada muito intrincada validar de forma objetiva a medição da sua eficácia pedagógica, pois há uma multiplicidade de fatores intervenientes no jogo da aprendizagem. Segundo Pouts-Lajus e Riché-Magnier (1999), é difícil estabelecer a relação entre uma melhoria durável dos desempenhos dos alunos no domínio do conhecimento e a utilização das metodologias de trabalho implementadas.

Os estudos não são conclusivos: se há alguns que demonstram que determinadas aprendizagens se realizam mais rapidamente com a ajuda de *software* educativo (em especial competências técnicas e aprendizagens lógicas), outros assinalam efeitos cognitivos difusos resultante da utilização das tecnologias, onde aspetos como a motivação, gosto pelas matérias ensinadas, domínio dos métodos de trabalho, curiosidade e abertura em relação aos outros, assumem muita importância.

É por estas razões que na implementação da atuação descrita nos próximos capítulos desta dissertação, se tentará associar o uso das tecnologias a contextos motivadores e interessantes para além de relevantes para os alunos.

2.4- Formação extra curricular

2.4.1- A formalidade do ensino e o desenvolvimento do processo de ensino e aprendizagem

Como vem sendo dito, o aluno processa a sua aprendizagem a partir de múltiplas referências, sendo importantes todas as suas vivências para o desenvolvimento da mesma. Estas vivências poderão ocorrer na escola em contexto de sala de aula, na escola fora da sala de aula, ou em qualquer outro local frequentado pelo aluno.

A aprendizagem que cada indivíduo constrói ao longo da sua vida é essencial para a compreensão do conceito de Ciência. Para tal contribuirão todas as situações com que o indivíduo se confronta, ao nível do ensino formal, não formal e informal (Martins, 2002).

A distinção que é feita entre os três sistemas de educação refere-se principalmente à forma como estão organizados. A educação formal é a que acontece nas escolas, universidades, politécnicos e escolas profissionais que atribuem graus; a educação não formal é a educação organizada fora do sistema de ensino formal e a educação informal refere-se às restantes aprendizagens não organizadas, como interação com a família, amigos, e todas as experiências pessoais ao longo da vida.

O ensino formal apresenta como principais características:

- (i) é estruturado e realizado em instituições escolares (escolas e universidades),
- (ii) está ligado a um currículo,
- (iii) é organizado e com um programa pré-determinado,
- (iv) Pretendem-se alcançar objetivos estabelecidos pelo professor ou pelo sistema educativo

(Hamadache, 1991, citado por Aparício, 2010).

O conceito de ensino não formal, é mais difícil de descrever, mas, pode considerar-se uma educação extracurricular, isto é, toda a atividade educativa organizada fora do sistema de educação formal, estabelecida e destinada a servir cidadãos e a atingir objetivos de ensino identificáveis (grupos comunitários e outras organizações). Outra tentativa de definição (Council of Europe, 2009) refere a educação não formal como aquela que, no passado, era designada como educação fora-da-escola. Este tipo de educação baseia-se na motivação intrínseca, mas não julga nem avalia a aprendizagem individual. Centra-se no aluno e não é hierarquizada e diferenciada no que respeita ao tempo, local, número e tipo de participantes, dimensões da aprendizagem e campo de aplicação dos resultados (por exemplo: trabalho comunitário ou social, organizações sem fins lucrativos, etc).

A educação não formal toma em consideração as necessidades pessoais dos formandos e adequa-se a essas necessidades para responder às suas aspirações. Este tipo de ensino tem maior

flexibilidade do que o ensino formal. Este ensino é também referido como aprendizagem ao longo da vida, no caso dos adultos (Carvalho, 2010). Apontam-se como exemplo, visitas a museus/centros de ciência, universidades e laboratórios de investigação e ainda atividades que recorrem a meios de comunicação social. Dado o seu carácter não obrigatório, este tipo de educação formaliza-se num clima concebido para se tornar agradável, e em consonância com a vontade do aluno.

Por fim, o ensino informal, segundo Maarschalk (1988) *in* (Aparício, 2010), é um processo que ocorre de forma espontânea na vida do dia-a-dia, ou seja, é aquele que é transmitido pelos pais, adquirido no convívio com amigos ou através de atividades lúdicas. Para além disso, requer o desenvolvimento de competências, de atitudes, de valores e pode ser uma educação não estruturada, não programável, e dependente de fatores inerentes à vida de cada cidadão e das suas experiências pessoais (Smith, 2002). A educação informal é a educação que se baseia no que aprendemos espontaneamente a partir do meio em que vivemos, das pessoas com quem nos relacionamos, das múltiplas experiências que se tem ao longo da vida, etc. A educação informal não é necessariamente organizada (Carvalho, 2010).

O ideal seria que os ensinos formal, não formal e informal estivessem organizados de forma a no seu conjunto e interligados, fomentar o interesse pelas ciências. Há algumas estruturas implementadas nalgumas escolas que podem fazer o elo de ligação entre estes três vetores: os clubes de ciência. A sua principal função será a de estimular o interesse e a motivação dos alunos para aprender Ciências, proporcionando-lhes momentos de agradável interação entre o mundo que os rodeia e o mundo da ciência. Acresce ainda que, no Clube de Ciência, muito mais do que na sala de aula, a aprendizagem pode adequar-se às capacidades e interesses individuais dos alunos e não se apela tanto à memorização dos conteúdos (Thurber e Collette, 1968) *in* (Aparício, 2010).

Por dificuldades logísticas, burocráticas e outras, nem sempre é possível implementar um Clube de Ciência em cada escola. Por outro lado, mesmo que exista, alguns alunos acabam por nunca pensar sequer na hipótese de pertencerem a esse clube. Uma alternativa pode ser a participação em feiras de ciência, a ser proposta em sala de aula, onde, mesmo sendo esta de caráter facultativo e dando liberdade de escolha dos temas aos alunos (preferencialmente grupos de alunos), pode obter-se um desenvolvimento muito interessante. Estas atividades podem/devem mesmo abordar temas fora do currículo, segundo os interesses e vivências de cada grupo. Ou seja aglutinando numa única atividade todos os tipos de saberes dos alunos participantes.

Este tipo de atividades vai de encontro ao desejo da tutela quando esta refere “Assim, a aprendizagem destinada ao ensino formal tende a alargar-se a espaços extraescolares que têm como objetivo permitir a cada indivíduo aumentar os seus conhecimentos e desenvolver as suas potencialidades, em complemento da formação escolar” (Art. 23º da Lei de Bases do Sistema Educativo, Lei n.º 46/86, de 14 de Outubro).

2.4.2- As Feiras ou Mostras de Ciência

As feiras de ciência ou mostras de ciência, realizadas por alunos em idade escolar, são eventos em que se pretende envolver ativamente os alunos, aumentando o seu interesse e curiosidade pela ciência e estimulando a aprendizagem de conceitos e competências fundamentais em ciência (Esteves e Costa, 2010). Estes eventos consistem na exposição de vários projetos, das mais variadas categorias de ciência, num local, onde os seus criadores os apresentam aos colegas, júris e outros visitantes, em *stands* próprios. Os projetos podem ser de diferentes tipos, conforme os requisitos da feira indo desde um carácter meramente demonstrativo de leis ou conceitos até um carácter investigativo.

Apesar de em Portugal estes eventos serem quase inexistentes, eles são muito divulgados e populares noutros países do mundo há já vários anos, de que salientamos os Estados Unidos e o Brasil. Esta constatação, no caso americano, entra-nos todos os dias pela casa dentro, pela visibilidade que o seu quotidiano escolar tem, mercê das suas muitas séries e filmes.

Há outros países onde esta realidade tem vindo a alcançar cada vez maior notoriedade, nomeadamente os países europeus, principalmente o Reino Unido e a Alemanha, logo a partir dos 6 anos e contribuem largamente não só para o interesse dos alunos pela ciência, mas também para a literacia científica dos adultos que visitam as mostras e feiras de ciência". Tem sido também notório o desenvolvimento de projetos para feiras de ciência escolares em vários países asiáticos.

Em muitos desses países, para incentivar a participação ocorrem vários eventos ao longo do ano, muitos deles locais, outros regionais (e estaduais) e outros ainda nacionais. Normalmente as provas mais locais servem para selecionar os projetos para as provas nacionais.

Em Portugal, efetivamente, este tipo de eventos ainda tem pouca expressão. As poucas feiras de ciência que se vão realizando raramente saltam os muros da própria escola, quando muito do concelho e quase sempre mostram somente o produto de trabalhos escolares. Apesar disso, até a maioria das que se realizavam parecem ter os seus dias contados com o final da disciplina de Área de Projeto, em 2011/2012 (Decreto-Lei 50/2011). Pelas suas características esta disciplina seria a ideal para poder ir mais além, promovendo a realização de projetos mais elaborados e com tempo para amadurecer ideias, algo que nas outras disciplinas se torna muito mais complicado devido à extensão dos seus programas.

Eram finalidades desta disciplina (ME, 2006):

- Promover uma cultura de liberdade, participação, reflexão, qualidade e avaliação que realce a responsabilidade de cada um nos processos de mudança pessoal e social;
- Desenvolver atitudes de responsabilização pessoal e social dos alunos na constituição dos seus itinerários e projetos de vida, sob uma perspetiva de formação para a cidadania

participada, para a aprendizagem ao longo da vida e para a promoção de um espírito empreendedor;

- Promover a orientação escolar e profissional dos alunos, relacionando os projetos desenvolvidos com os seus contextos sociais e, em particular, com os contextos de trabalho e as saídas profissionais;

Estas finalidades podem adaptar-se bem às feiras de ciência. Na realidade, quando foi extinta esta disciplina, a tutela disse explicitamente que as atividades de projeto deveriam ser integradas nas diferentes disciplinas, logo parece-nos que uma forma ideal de o fazer seria a elaboração de projetos com a ajuda dos vários professores, mas que por uma questão de tempo, a maior parte terá de ser forçosamente feita fora da sala de aula. A resposta a problemas concretos ou o aproveitamento e interligação de vários saberes, assim como atividades de índole investigativo serão os mais apropriados.

Com efeito, é essencial promover uma educação que confronte os alunos com a necessidade de compreender e agir no seio de múltiplas realidades dinâmicas e complexas, logo de difícil captação e compreensão, o que vai exigir o seu esforço e desenvolvimento intelectual. Na perspetiva de Ponte (1997) é necessário preparar os jovens para se inserirem numa sociedade “cada vez mais complexa”, na qual terão de possuir qualidades que lhes permitam “a capacidade de descortinar oportunidades, a flexibilidade de raciocínio, a adaptação a novas situações, a persistência e a capacidade de interagir e cooperar”.

Das poucas feiras de ciência que se realizam em Portugal, há três que se têm vindo a destacar pelo número de participantes, variedade dos mesmos e dimensão, são elas:

- Mostra Nacional de Ciência- Concurso de Jovens Cientistas e Investigadores- Com organização da Fundação da Juventude e inserida no mesmo concurso Europeu sob responsabilidade da Comissão Europeia.
- Mostra do Prémio Ciência na Escola- Organizado pela Fundação Ilídio Pinho em colaboração com todas as Direções Regionais de Educação.
- Feira das Ciências- Hands on Science. Organizada sob coordenação de um docente da Universidade do Minho (Prof. Dr. Manuel Filipe Costa).

Estas três são as únicas de âmbito nacional e que se destacam também pela sua visibilidade na comunicação social, número de projetos submetidos para aprovação (há uma seleção inicial), prémios atribuídos aos “melhores” projetos, variedade de áreas científicas abordadas e organização.

Há também algumas feiras de ciência (*Science Fairs*) internacionais, que agregam projetos de alunos de vários países. Qualquer pesquisa num motor de busca permite-nos encontrar vários exemplos, mas destacamos duas, até porque a seleção para participar nelas é feita no caso

português a partir da avaliação dos projetos na Mostra Nacional de Ciência- Concurso jovens cientistas e investigadores. São elas:

- A Intel ISEF- International Sciences and Engineering Fair- a maior feira de ciência mundial, que se realiza nos Estados Unidos onde se reúnem projetos de cerca de 50 países.
- A Mostra de Ciência da União Europeia, que reúne os melhores projetos de cada país no concurso dos jovens cientistas e investigadores e também de vários outros países convidados.

Nestas Feiras internacionais é vulgar grandes empresas associarem-se aos eventos e mesmo haver lugar ao pedido de patentes para alguns dos trabalhos propostos, mercê da sua enorme qualidade.

Mas qual a relevância deste tipo de atividades? Será importante para os alunos participar nelas? A resposta a estas questões não pode deixar de ser muito positiva, em primeiro lugar, porque a Ciência é uma atividade prática por excelência, daí ter tudo a ver com a metodologia de projeto. Em segundo lugar, porque os alunos se sentem tremendamente motivados por este tipo de atividade, desenvolvendo o seu gosto pelas ciências e mesmo despertando o interesse em seguir carreiras científicas.

No desenvolvimento de um projeto destes, os alunos terão de atingir várias etapas:

Etapas no desenvolvimento de um projeto escolar

- | |
|--|
| 1. Observar e analisar: Definição do problema, pesquisa, definição de objetivos e restrições; |
| 2. Planear e projetar: geração de opções de projeto, escolha de opção de projeto, desenvolvimento e aprimoramento; |
| 3. Construir e executar: protótipo e produção; |
| 4. Apresentar e defender: aos colegas, público e júris. |
-

Tabela 10- Etapas no desenvolvimento de um projecto escolar

Poderemos ainda aproveitar na plenitude as vantagens do trabalho experimental, que muitas vezes não podem ser exploradas nas aulas por falta de tempo. Quando os alunos escolhem um projeto do seu interesse vão estar mais motivados e empenhar-se-ão em atingir os seus objetivos. A acrescentar, esse envolvimento entre os alunos no grupo e intergrupos, vai sair da sala de aula e acompanhá-los-á nas suas conversas, permitindo amadurecer e desenvolver a ideia.

Ocorrerá quase sempre, também, uma transdisciplinaridade, nem sempre possível com os conteúdos habituais das aulas, que permite desenvolver assuntos para além dos abordados nas aulas, aumentando em muito o desenvolvimento científico dos envolvidos. Assim, é importante que os alunos tenham uma participação ativa na escolha dos seus temas de pesquisa, mas a orientação do professor também é indispensável e insubstituível na hora de apontar possíveis problemas, na indicação da metodologia adequada, na análise dos dados (Rosa, 2010), etc.

Não deverá ser propósito único que os temas a ser explorados tragam avanços significativos para a área, tal é quase sempre irrealista para alunos destas idades. Os trabalhos podem ser simples, desde que sejam criativos, façam sentido e aumentem a cultura científica dos alunos que os projetaram e dos visitantes (e até dos júris).

Nos dias da mostra, o conhecimento sistematizado durante a pesquisa deve ser apresentado aos visitantes por meio da fala e de cartazes, folhetos, maquetas ou qualquer dispositivo criado. É importante não repetir oralmente informações escritas e procurar sempre interagir com as pessoas. Principalmente os mais tímidos devem ser incentivados a falar em público; desta forma desenvolver-se-ão muitas competências relacionadas com a comunicação, a desinibição e mesmo a sociabilidade.

Neste ponto, vamos referir a questão da competição, pois este é um tema discutível. Muitas pessoas advogam que não deveria haver prémios em feiras de ciência. A nossa convicção é que certo nível de competição é saudável, porém a feira não deve restringir-se a isso. O que deve ser sempre salientado para os alunos (e professores) é que o conhecimento e as competências desenvolvidas são o verdadeiro ganho. Por isso seria também importante que os júris destas competições tivessem sempre presente a idade destes participantes de forma a tecerem críticas construtivas e não desajustadas (o que por vezes acontece).

O facto de fomentar os alunos a participar nas feiras de ciência, também ajudará a promover uma alteração dos métodos e estratégias do próprio professor nas suas aulas. O professor não pode passar oito meses por ano a realizar um ensino burocrático de quadro e giz e desejar que os seus alunos, de uma hora para outra, se tornem "cientistas" e façam trabalhos sofisticados. Fazer Ciência, como tudo na vida, exige, antes de mais nada, hábito. A atividade experimental regular, incorporada ao ensino de uma forma orgânica é condição imprescindível para uma atividade eficaz numa preparação para uma feira de ciência. Desta forma, ao incentivar a realização destes eventos na escola, será todo o sistema educativo a melhorar, modernizando-o e tirando partido de todos os recursos ao seu dispor (Rosa, 2010).

2.5-Professores e perspetivas no ensino das ciências

2.5.1- Caracterização dos professores de Física e Química em Portugal

Erickson (1986), citado por Lessard-Hébert (1990), refere “a capacidade de analisar a sua prática e de articular esta reflexão tanto para si como para os outros pode ser considerada como uma aptidão essencial num docente de carreira”. Não há dados nacionais mais recentes, por isso a caracterização apresentada é feita com base nos dados do já citado Livro Branco da Física e da Química- Respostas dos professores- Diagnóstico 2000, Recomendações 2002 (Martins *et al.*, 2002). O Livro Branco da Física e da Química traduz as opiniões de uma amostra de professores. A amostra

aleatória das escolas foi de cerca de 1050, representando 65% do total das escolas do país. Das escolas envolvidas apenas 49% responderam. Foram entregues em cada escola 5 questionários e obtidas 26% de respostas, num total de 1472 questionários.

Os dados já têm uma década, mas atendendo à saída de alguns professores mais velhos, e também a uma diminuição da entrada de professores mais novos, acreditamos que na generalidade os dados atuais serão bastante semelhantes, no que aos indicadores seguintes diz respeito. Claro que há dados que se alteraram significativamente como o acesso à *internet*, mas esses não serão alvo de análise, até porque deixaram de ser relevantes pela disseminação da tecnologia.

Assim, em Portugal e para os professores de Física e Química da amostra:

- Média de idade 38 anos.
- 76% sexo feminino e 24% do masculino.
- 74% professores do quadro e 26% professores contratados
- 69% provêm de cursos não vocacionados para o ensino e 31% de cursos vocacionados para o ensino.

Isto vem provar que para a maioria dos professores, o ensino foi uma segunda opção de carreira, apesar de 80% dos professores afirmarem estar motivados.

Sendo importante conhecer diferentes perspetivas sobre o ensino das ciências, ancoradas em estudos nacionais e internacionais, também seria importante, de acordo com estes números, que mais professores tivessem algumas formações dirigidas especificamente à Física e à Química e suas didáticas, sobre as ideias das diferentes perspetivas. Os professores provenientes dos cursos vocacionados para o ensino já tiveram contacto com estas ideias na sua formação inicial, mas o mesmo não se passa com muitos dos restantes. Também seria importante reciclar conhecimentos nesta área ao longo da carreira, não esperando que tal seja entendido pela simples leitura das orientações que vão surgindo a cada nova reforma do sistema educativo.

- Cerca de 2/3 dos professores têm uma formação de base mais da área da Química que da Física.

Estes números ajudam a explicar, em parte, a perceção de que nas escolas os conteúdos da Física são algo menosprezados em relação aos da Química. Esse facto acaba por explicar a aparente maior aptidão dos alunos em Química do que em Física, apesar de ambas serem lecionadas pelo mesmo professor e na mesma turma. Surge aqui a ideia de que será necessário investir mais na formação contínua em conteúdos ligados à área da Física e que será mais premente desenvolver projetos, que possam vir a ser aproveitados futuramente por outros professores nessa área.

- Os professores planificam as suas aulas muitas vezes ou quase sempre, aula a aula (70%), e fazem-no individualmente (85%) - Gráfico 1.

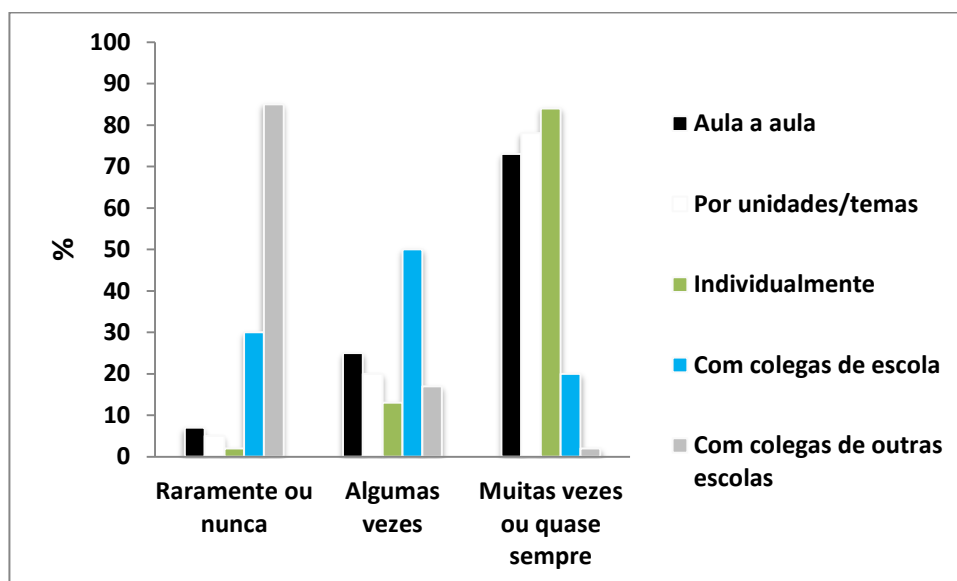


Gráfico 1- Forma de preparação de aulas pelos professores (Martins et al., 2002)

Raramente o fazem com colegas de outras escolas ou da mesma escola. Estes resultados revelam uma prática pouco colaborativa entre professores. É também algo pobre, pois socorrem-se fundamentalmente de manuais escolares, nomeadamente do manual adotado, não recorrendo de forma significativa a outros materiais de apoio como, por exemplo, o programa em vigor. Assim, o desenvolvimento de novas formas de abordar os conteúdos, incluindo se possível junto com professores de outras áreas (visando a interdisciplinaridade) e com professores da mesma disciplina de outras turmas seriam importantes. É imprescindível aumentar o trabalho conjunto, melhorando dessa forma o ensino na sua globalidade. Diz o provérbio popular “Duas cabeças pensam melhor do que uma”; imaginemos então como será o resultado se usarmos vários professores a planificar atividades e vários alunos a pensar no desenvolvimento de projetos comuns.

A responsabilidade pela mudança pertence a todos, mas o professor só conseguirá evoluir se for ao mesmo tempo professor e aprendiz, criador de ambientes de aprendizagem que permitam a produção de novos conhecimentos. Sendo o aluno o centro de todas as atividades educativas, as mesmas devem ser diversificadas, potenciando o desenvolvimento de capacidades de aprendizagens significativas, autonomia e elevando a autoconfiança. Assim, o professor na sociedade de informação já não deve pretender transmitir os dados mas tornar os seus alunos capazes de navegar no meio desse mar de dados, deve animar o processo de seleção e organização pelos seus alunos, despertando-lhes a curiosidade, fomentando a análise e o espírito crítico, auxiliar a síntese e a reflexão, em suma, estimulando-os a construir o seu próprio conhecimento. (Morais, 2006)

2.5.2 – Perspetivas no ensino das ciências

A *aprendizagem* em sistemas de ensino formal é uma temática complexa que envolve inúmeras dimensões e aspetos questionáveis e discutíveis, como, por exemplo, *o que* se pretende que se aprenda e *para quê*, porque se pretende que se aprenda, *como* se pretende que se aprenda, *como se avalia* o que se aprendeu e *para que se avalia*. Estas questões colocam-se tanto para o ensino formal, em geral, como para os seus diferentes níveis e, dentro destes, para as diversas disciplinas, ou agrupamentos de disciplinas, como é o caso das ciências.

Embora, nos dias de hoje, a perspetiva de ensino dominante seja a do ensino por discussão, continua a ser indispensável considerar as ideias que os alunos possuem antes da aprendizagem de uma determinada temática, ou seja, só se pode ensinar se se compreenderem as ideias que os alunos já possuem. Por isso continua a ser muito relevante conhecer as conceções alternativas, tal como discutido em 2.3.

Será assim importante conhecer, até para poder escolher, as diferentes perspetivas defendidas por diversos pedagogos ao longo dos últimos cem anos.

Quando falamos do ensino moderno por oposição ao tradicional, na realidade não estamos a falar de algo muito recente, pois já no final do século XIX, o movimento da Escola Moderna defendeu a alteração do ensino tradicional mais centrado no professor, por um ensino moderno mais centrado no aluno. Tradicionalmente, tal ensino baseava-se no método expositivo que perspectivava a Ciência como um conjunto de verdades inquestionáveis. O conhecimento era considerado como um ato mecânico, cumulativo e absoluto, exterior ao aluno, e o ensino das Ciências era concebido como um “ensino por transmissão”. Os professores assumiam a posição de grandes detentores do saber.

Ainda hoje, o ensino tradicional expositivo prevalece na maioria dos casos, pois é impossível realmente modificar qualquer sistema educativo, de forma irreversível, se não se modificar primeiro o modo como as pessoas pensam sobre o assunto e se relacionam com os outros (Senge, 2001). Provavelmente o computador veio ajudar a que finalmente se possa evoluir do ensino tradicional para um novo estágio em que o ensino possa realmente ser mais individualizado e dirigido ao aluno, mas de uma forma efetiva e sem excessos. É natural que em nome desta modernidade se tenham cometido alguns excessos, que em vez de auxiliar, prejudicaram o processo de ensino e aprendizagem ao longo do último século. A virtude estará, porventura, num ponto intermédio entre o tradicional e as ideias mais liberais.

Não será possível falar em perspetivas de ensino sem referir o confronto das perspetivas de aprendizagem Behaviorista vs. Construtivista.

Numa perspetiva Behaviorista ou comportamentalista, a aprendizagem é concebida como um mecanismo de "estímulo - resposta" (Sprinthall e Sprinthall, 1993). Apresenta-se um certo

material a um aluno e espera-se uma dada resposta. Após esta operação o professor analisa as respostas dadas e fornece a informação referente aos resultados atingidos. A recompensa é reconhecida como reforço, pois a recompensa reforça, entusiasma e estimula, aumentando as probabilidades de sucesso (Tavares e Alarcão, 1992), ajudando a interiorizar os conteúdos da sessão ou lição, e os resultados negativos convencem-no a voltar a pensar. Na teoria Behaviorista, a aprendizagem é associacionista e o conhecimento procede dos sentidos (Cachapuz *et al.*, 2000). Nesta teoria o aluno é encarado de uma forma passiva, sendo frequentemente reduzido a um mero recetáculo de saberes que lhe são transmitidos independentemente do seu estado cognitivo, mas cujo produto se exige que ele venha a concretizar. Em síntese, esta teoria faz tábua rasa dos conhecimentos que o aluno já possui antes de iniciar a aprendizagem, ignora também os seus interesses e ritmos de aprendizagem. Alguns nomes associados a esta perspetiva são Watson, Pavlov e Skinner.

Numa perspetiva Construtivista, a aprendizagem é concebida como um processo de acomodação e assimilação em que os alunos modificam as suas estruturas cognitivas internas com as suas experiências pessoais. Nesta teoria os alunos são encarados como participantes ativos, aprendendo de uma forma que depende do seu estado cognitivo concreto. Os conhecimentos prévios, interesses, expectativas, e ritmos de aprendizagem são levados em conta nesta aprendizagem. Ela é entendida essencialmente como o processo de revisão, modificação e reorganização dos esquemas de conhecimento inicial dos alunos e a construção de outros novos, onde é dada importância ao erro como parte do processo de aprendizagem e o ensino como um processo de ajuda prestado a esta atividade construtiva do aluno. O professor é encarado como um mediador entre os conteúdos e os alunos, cabendo-lhe organizar ambientes de aprendizagem estimulantes que facilitem esta construção cognitiva.

Alguns nomes associados a esta perspetiva, ainda que com algumas *nuances* diferenciadoras, são Vygotsky, Piaget, Bruner e inevitavelmente, Ausubel, Novak e Gowin.

Com base nestas perspetivas, aparentemente antagónicas e ancoradas em diferentes correntes da filosofia e da psicologia, foram surgindo diferentes métodos para o ensino das ciências, de que salientamos, pela sua relevância e massificação o ensino por transmissão, o ensino por descoberta, o ensino por mudança concetual e o ensino por pesquisa. Em seguida, estes serão apresentados de forma muito resumida.

Ensino por transmissão:

Conotada com as ideias mais tradicionais do ensino, o professor comunica quase sempre unidireccionalmente os saberes aos alunos, pressupondo que pode transmitir ideias pensadas por si próprio ou por outros (conteúdos) ao aluno que as armazena sequencialmente no seu cérebro

(recetáculo) (Cachapuz *et al.*, 2000). Os trabalhos experimentais têm uma função ilustrativa ou demonstrativa dos conteúdos que os alunos deverão reter.

Desta maneira, o aluno não tem qualquer interação na elaboração de conhecimento, sendo um mero espectador no processo de aprendizagem.

Ensino por descoberta

Por volta dos anos 70, surgiu um novo modelo (conhecido por modelo romântico) para o ensino das Ciências – o “ensino por descoberta”. Este tinha como finalidade a compreensão dos processos científicos, colocava a ênfase na instrução e os alunos tinham a função de “pequenos cientistas”.

Por sua vez, o professor deixou de ter um papel tão preponderante, favorecendo-se o protagonismo do aluno, que se assumia como investigador ativo, apesar de orientado nas suas ações pelo professor. Neste contexto, as atividades experimentais eram do tipo indutivo (do específico para o geral) que levavam à descoberta ou à sua ilusão, partindo de factos observáveis e não de ideias soltas. Desta maneira, para o aluno aprender bastaria seguir um caminho linear apresentado pelo professor, e que refletia o percurso do cientista. Este tipo de ensino, embora bem intencionado, conduzia frequentemente os alunos à formação de conceções erróneas sobre o conhecimento científico.

Ensino por mudança concetual

Depois de reconhecidas algumas das limitações da aprendizagem por descoberta, pois pretendia que alunos tentassem chegar a conclusões que levaram séculos a ser entendidas e não tinha em consideração os conceitos que os alunos constroem espontaneamente, valorizou-se, a partir da década de 80, o paradigma da “mudança concetual”. Fundamentada em visões pós-positivistas da Ciência, admitia-se que o aluno devia ter um papel ativo, determinado pelas suas ideias prévias, no processamento do próprio conhecimento. O professor deveria diagnosticar os “conhecimentos” prévios dos alunos, de forma a poder “ajudar a transformar estruturas concetuais e, assim sendo, contribuir para que os alunos reorganizassem a construção dos conceitos de outra maneira, de forma qualitativamente diferente” (Cachapuz *et al.*, 2000).

No âmbito do ensino por mudança concetual, a interação entre alunos e professor era fundamental para conhecer as características de cada situação de aprendizagem, pois, segundo Morgado (2005), um dos aspetos centrais do processo de desenvolvimento curricular é a “deliberação prática de cada contexto específico” e, por conseguinte, era a partir da identificação da especificidade de cada aluno que se evidenciava, de acordo com Jacinta Moreira (2007), “a singularidade das situações educativas, pois cada turma, cada aluno, cada contexto de ensino e

aprendizagem encontra-se impregnado de características únicas, o que inviabiliza uma atuação predeterminada, uma prescrição passível de ser aplicada a todo e a qualquer um.”

Há uma evolução no sentido de considerar que em vez de haver lugar unicamente à aquisição de conceitos, o aluno terá de os construir e transformar para possibilitar a mudança na sua estrutura concetual.

Efetivamente, o que distingue o ensino por mudança concetual dos métodos tradicionais, em que se verificava apenas a aquisição de conhecimento, é o facto de o aluno não ser considerado uma “tábua rasa”, pois já possui ideias prévias que lhe proporcionavam a aprendizagem em Ciências e, por isso, pode selecionar as informações recebidas pelo professor e tinha de ser encaminhado a construir e transformar conceitos, para provocar a mudança na sua estrutura conceptual, sendo os erros cometidos importantes para o progresso do conhecimento científico.

Como muitas das ideias anteriores dos alunos até já estavam corretas, sendo compatíveis com os conceitos científicos, a mudança concetual nesses casos dar-se-á por captura concetual, ocorrendo uma troca concetual quando ocorre o oposto.

O trabalho experimental segundo este modelo passa a ter uma função diferente do que lhe é dado no ensino por transmissão e por descoberta, valorizando a discussão entre os alunos na sua elaboração para proporcionar uma aprendizagem significativa.

Ensino por pesquisa

Com o advento dos computadores, dos *softwares* acessíveis e principalmente da *internet*, o ensino por mudança concetual começou a ser encarado como insuficiente para garantir que a *Zap Generation* esteja preparada para tomar decisões fundamentadas e fazer opções conscientemente pensadas.

As críticas de ordem interna que estiveram na base do enfraquecimento do Ensino por Mudança Concetual são a sobrevalorização dos conteúdos científicos considerados como fins de ensino e não meios a partir dos quais se atingem metas educacionais socialmente relevantes (Cachapuz *et al*, 2000), subvalorizando as atitudes e os valores (Moreira, 2007), assim como aos interesses e necessidades pessoais dos alunos. É importante valorizar os contextos reais, explorando o conhecimento científico de forma a que estes percebam as questões centrais da sociedade tecnológica que os rodeia, levando o aluno a procurar encontrar as respostas para os vários problemas com que se confronta no seu dia-a-dia, sentindo-se por isso motivado para aprender.

As críticas de ordem externa estão ligadas à formação de professores, quer inicial quer contínua e que não acompanhou as mudanças que a perspectiva de Ensino por Mudança Concetual implicava, assim como os aspetos ligados à aprendizagem (Cachapuz *et al*, 2002).

O ensino por pesquisa baseou-se no pressuposto de que o indivíduo é o elemento transformador da sociedade. Esta abordagem sócio crítica defende, tal como o ensino por mudança concetual, que o aluno possui ideias prévias que devem ser favorecidas pelo professor, mas entende que a História da Ciência é um recurso fundamental no ensino, uma vez que valoriza os processos de construção do conhecimento científico.

No âmbito do ensino por pesquisa, o professor desempenha o papel de problematizador dos saberes, dinamizador de processos de partilha e de interação, organizador de estratégias interdisciplinares promotoras da criatividade, da reflexão crítica, de atitudes e valores; para além de ser responsável pelo envolvimento dos alunos e de possuir uma autoridade, baseada nos ideais de liberdade, igualdade e democracia, que possibilitava aos alunos a construção de um conhecimento crítico capaz de intervir e transformar a sociedade.

Cachapuz (2000), na apresentação desta nova perspetiva do ensino das ciências, sugere que o ensino por pesquisa deve utilizar uma abordagem:

- Inter e transdisciplinar: que visa a articulação de conteúdos em diferentes disciplinas;
- Problematizadora do quotidiano: que motiva os alunos a aprender;
- Social: que considera a Ciência e a Tecnologia como produtos da Sociedade;
- Epistemológica: que destaca a natureza do conhecimento científico, os limites e validade;
- Histórica: que privilegia a dinâmica da Ciência, a evolução da Tecnologia e a interação com a Sociedade.

Pressupõe-se também, o apelo ao pluralismo metodológico a nível de estratégias de trabalho, contextualizado pelos interesses quotidianos dos alunos. Esta abordagem pedagógica, que concretiza um conjunto de orientações que vão de encontro ao desenvolvimento da literacia científica, assenta num ensino que mobiliza os conhecimentos, mas não o faz ignorando valores, capacidades e atitudes e tem como preocupação central os alunos competentes para a vida.

Na realidade, acreditamos que nenhuma das visões deve ser encarada como o único meio, mas ao invés será pela sobreposição de muitos destes modelos que deve ser implementado o método de ensino junto dos alunos.

Com o grande enfoque que damos aos métodos de ensino, não esquecemos a outra face da moeda, pois “Ninguém ensina o que não sabe” (Paulo Freire, 1992).

Por evidências pessoais de experiência profissional junto dos nossos alunos, eles mostram que gostam que seja utilizada uma diversidade de métodos pelos professores, havendo tempo e lugar para aplicação de todas estas perspetivas (mais uma prova da necessidade de mudança e estímulos diferentes da *ZAP Generation*).

2.6- O programa de Física no Ensino Secundário Português (curso CCT)

2.6.1- Princípios orientadores

Os atuais programas curriculares de Física (e Química) do ensino secundário em vigor, resultam da reforma de 2001 (no básico) e 2004 (no secundário), com as alterações introduzidas em 2009 com o aumento de 45 minutos semanais para auxiliar as atividades experimentais (no caso do secundário).

Vamos abordar mais em pormenor o ensino secundário, particularmente a disciplina de Física no 12º ano, do curso de Ciências e Tecnologias, pois foi com alunos desta disciplina que se desenvolveu a intervenção que será descrita nos próximos capítulos.

Nos 10º e 11º anos, as componentes de Física e de Química estão reunidas numa única disciplina, que no caso do Curso de Ciências e Tecnologias (CCT) se designa por Física e Química A (FQA). Só abordaremos o currículo do curso secundário de Ciências e Tecnologias, já que os alunos que participaram no estudo pertenciam a este curso.

No 12º ano, as disciplinas de Física e Química tornam-se autónomas, mas adquirem o estatuto de disciplinas opcionais, pelo que só um reduzido número de alunos a/as continua a frequentar.

A homologação dos atuais programas curriculares deu-se em:

10º ano (FQA) - março de 2001

11º ano (FQB)- março de 2003

12º ano (Física)- outubro de 2004

A disciplina de Física e Química A é uma das três disciplinas do tronco comum da componente de Formação Específica do Curso Geral de Ciências Naturais e do Curso Geral de Ciências e Tecnologias (CCT) do Ensino Secundário (ES). Dá continuidade à disciplina de Ciências Físico-Químicas (CFQ), do 3º ciclo do Ensino Básico (7º, 8º e 9º anos). Representa, por isso, uma via para os alunos aprofundarem conhecimentos relativos à Física e à Química, duas áreas estruturantes do conhecimento nas Ciências experimentais. Representa cerca de 16% da escolaridade de cada um dos anos. De acordo com os Princípios Orientadores da Revisão Curricular do ES, a disciplina tem um programa nacional, sendo cada uma das componentes, Física e Química, lecionadas em cada um dos semestres com igual extensão. Assim, as 33 semanas letivas anuais deverão ser divididas em partes iguais pelas duas componentes. A avaliação a conduzir sobre as aprendizagens dos alunos deverá respeitar de forma equilibrada cada uma das componentes, com vista a tornar tão justa quanto possível a classificação do aluno na disciplina. Esta é organizada em duas sessões de 90 minutos e uma de 135 minutos, sendo a última exclusivamente de carácter prático-laboratorial, com a turma

dividida em turnos. Embora os princípios orientadores da disciplina o indiquem, poucas são as escolas que têm um técnico de laboratório para auxiliar o professor na preparação/elaboração das atividades.

A divisão do ano letivo em semestres permite alcançar uma situação de equilíbrio nas duas componentes, mas pensa-se que a ordem de lecionação deverá ser diferente nos dois anos. Assim, no 10º ano o 1º semestre é dedicado à Química, pelo que no 11º ano se deverá começar pela Física. A opção pela alternância das componentes justifica-se pela melhor rentabilização dos espaços laboratoriais em cada escola.

Se é compreensível que qualquer currículo e correspondentes programas devam ser adequados ao nosso país e ter, por isso, em conta a realidade das escolas e da sociedade portuguesa (em especial alunos e professores), é igualmente fundamental que a revisão curricular assuma frontalmente o dever que lhe assiste de recuperar atrasos e de contribuir para um nível de literacia e cultural mais elevado dos alunos que frequentam a escola, aproximando-os dos seus colegas de países ditos mais desenvolvidos. Razões desta natureza levam a assumir como pressuposto para a concretização do programa, o carácter prático-laboratorial de um terço dos tempos letivos, onde os alunos trabalhem individualmente e/ou em pequeno grupo, acompanhados pelo professor (M.E., 2004).

Chegados ao 12º ano, as disciplinas de Física e de Química autonomizam-se, tendo até 2011/2012 a mesma carga letiva que a disciplina de FQA, embora sejam opcionais.

Em maio de 2012 foi publicado o Decreto-lei nº 50/2012 que introduz algumas alterações em termos de tempos letivos. Assim, no 10º e 11º anos, em vez dos atuais 7 segmentos de 45 minutos (90+90+135 min), as escolas passam a ter um número de minutos mínimo, 315 minutos no caso de FQ A e apenas 150 minutos no caso de Física ou Química do 12º ano. Tendo um crédito suplementar de horas, as escolas poderão escolher quais as disciplinas a que vão atribuir mais tempo semanal, levando a que escolas diferentes possam atribuir tempos letivos diferentes às mesmas disciplinas.

Se no caso de FQ A, as alterações não serão muito assinaláveis em relação ao passado recente, no caso das disciplinas do 12º ano a variação será muito grande, podendo diminuir mesmo de 7 segmentos semanais para apenas 3. Apesar desta diminuição de tempo, não foi previsto ou feita qualquer reorganização dos conteúdos programáticos, pelo que só no início do ano letivo 2012/2013 se esperam orientações da tutela, sobre como conciliar este programa com tão reduzido tempo para a sua lecionação.

Para possibilitar um bom trabalho experimental, uma das aulas da semana é formada por 3 tempos letivos seguidos, sendo normalmente as turmas desdobradas. Até 2011/2012 o desdobramento dava-se para turmas com 16 ou mais alunos, mas a partir de 2012/2013 esse

desdobramento só será possível no caso da turma ter pelo menos 21 alunos. No 12º ano, a aula experimental também diminuirá a sua carga horária passando a usufruir de apenas 2 tempos, ainda que o programa e consequentemente os trabalhos laboratoriais previstos se mantenham.

A disciplina de Física do 12º ano, traduzindo uma continuidade da FQA, dos 10º e 11º anos, orienta-se por princípios aproximados, em particular no que se refere à componente prática desta área científica. O programa de carácter nacional permite, de acordo com o estabelecido na estrutura curricular, a opção por tarefas, estratégias de exploração e metodologias de ensino, conforme os interesses e desenvolvimento dos alunos. Este aspeto pode ser encarado como uma forma de flexibilização, com vista a uma melhor adequação aos interesses dos alunos, como um fator despoletador de motivação pelo estudo da Física. De facto, aquilo que se pretende nesta etapa final do Ensino Secundário é uma consolidação de saberes no domínio científico, que confira competências de cidadania, que promova igualdade de oportunidades e que desenvolva em cada aluno um quadro de referências, de atitudes, de valores e de capacidades que o ajudem a crescer a nível pessoal, social e profissional (M. E., 2004).

O E.S. deve ter em conta aquilo que o Ensino Básico contempla, valorizando aprendizagens anteriores dos alunos e ajudando-os porventura a reinterpretar conhecimentos prévios, alargando os seus conhecimentos, criando-lhes estímulos para o trabalho individual, aumentando-lhes a autoestima e ajudando-os a prepararem-se para percursos de trabalho cada vez mais independentes.

De acordo com o Documento Orientador da Reforma do Ensino Secundário, a disciplina de Física destina-se a cursos para prosseguimento de estudos ao nível superior (de carácter universitário ou politécnico).

Por isso, pretende-se com esta disciplina:

- Contribuir para a cultura do aluno, proporcionando-lhe uma melhor compreensão do mundo, o que o ajudará, ao longo da vida, na tomada de decisões de modo fundamentado.
- Promover o interesse pelo conhecimento científico e tecnológico, cuja importância na sociedade atual é indiscutível.
- Permitir ao aluno uma escolha mais informada da área científica para prosseguimento dos seus estudos.
- Oferecer um conjunto de conhecimentos científicos apropriado ao prosseguimento de estudos de nível superior.

2.6.2- Visão Geral do Programa

As disciplinas de Física e Química são compostas pelo conjunto das seguintes unidades:

Ano	Física	Química
10º	Módulo inicial: Das fontes de energia ao utilizador Unidade 1: Do sol ao aquecimento Unidade 2: Energia e movimentos	Módulo inicial: Materiais, diversidade e constituição Unidade 1: Das estrelas ao átomo. Unidade 2: Na atmosfera da Terra- radiação, matéria estrutura
11º	Unidade 1: Movimentos na Terra e no Espaço. Unidade 2: Comunicações	Unidade 1: Equilíbrios e desequilíbrios. Unidade 2- Energia em movimentos.
12º	Unidade 1- Mecânica Unidade 2- Eletricidade e magnetismo Unidade 3 – Física Moderna	Unidade 1- Metais e ligas metálicas Unidade 2- Combustíveis energia e ambiente Unidade 3 – Plásticos, vidros e novos materiais

Tabela 11- Unidades das disciplinas de Física e de Química no Ensino Secundário

Como a implementação deste trabalho foi feita especificamente sobre uma turma de Física do 12º ano, principalmente sobre a Unidade 1, apresentam-se no quadro seguinte as subunidades dessa Unidade.

Unidade	Subunidades
Unidade 1- MECÂNICA	1. Mecânica da partícula 1.1- Cinemática e dinâmica da partícula em movimentos a mais do que uma dimensão. 1.2- Movimentos sob a ação de uma força resultante constante. 1.3- Movimentos de corpos sujeitos a ligações.
	2. Movimentos oscilatórios
	3. Centro de massa e momento linear de um sistema de partículas.
	4. Mecânica de fluidos 4.1. Hidrostática. 4.2. Hidrodinâmica.
	5. Gravitação

Tabela 12- Conteúdos da Unidade 1 de Física do 12º ano

Este programa privilegia o chamado ensino CTS-A (Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente), fomentando a partida de situações e problemas do quotidiano, a partir dos quais se desenvolvem estratégias de ensino e de aprendizagem, chegando assim à clarificação de conceitos. Há a possibilidade de se poderem relacionar os conteúdos com a sociedade, proporcionando o desenvolvimento de atitudes e valores. Contudo os contextos usados nos manuais escolares nem sempre são os mais motivadores, pelo que só alterando alguns desses contextos conseguiremos uma adesão mais efetiva dos alunos.

[Capítulo 3] Metodologia da intervenção

3.1- Abordagem

Depois de encontrar um tema motivador e que desperta paixões entre os jovens e os menos jovens, o desporto, foi feita uma análise detalhada do programa de Física fornecido pelo Ministério da Educação (M.E., 2004). Desta forma, foi possível verificar quais as competências essenciais, os temas organizadores e a avaliação esperada para o 12º ano. Antes de se proceder à elaboração de todo o material didático para o presente estudo, foi necessário fazer a pesquisa sobre os conceitos científicos envolvidos.

De facto, o desporto adequa-se muito bem ao programa do 12º ano, pois toda a unidade 1 trata de assuntos relacionados com a mecânica. É impossível falar de desporto sem referir situações estáticas e dinâmicas, bem como a relação entre sistemas ligados por forças. Engloba também um leque alargado de itens desde o próprio movimento humano ao movimento de objetos tais como bolas.

A turma de intervenção incluía alunos que jogam futebol a nível federado, praticantes de Karaté medalhados e praticantes de atletismo, pelo que a aposta no desporto como contexto só saiu reforçada.

A unidade 1- Mecânica do programa do 12º ano, é lecionada durante o primeiro período escolar e se necessário uma porção muito curta do 2º período, logo em termos temporais desde meados de setembro a meados de Janeiro do ano seguinte. Deste modo, o trabalho de organização desta intervenção teve de ser posto em prática desde o primeiro dia de aulas.

Para enveredar pelo tema da Física no desporto, foi muito enriquecedor que os professores de Educação Física aceitassem associar-se ao estudo, por um lado permitindo usar parte das suas aulas para desenvolver a componente experimental desta abordagem e por outro, para que as suas observações aumentassem o interesse e a profundidade da análise a certos movimentos e situações.

Assim as tarefas executadas estiveram quase sempre ordenadas em 5 etapas:

Etapas da metodologia usada na intervenção

1. Discussão de um tópico de Física na generalidade, particularizando a sua aplicação a algo relacionado com desporto, para demonstrar a aplicação objetiva dos conceitos.
 2. Filmagem das situações determinadas na discussão do ponto 1, preferencialmente na aula de Educação Física e com discussões na altura sobre os aspetos desportivos e Físicos da situação em estudo. Nesta fase, assim como na fase 1, foi também muito importante definir o controlo de variáveis a efetuar de forma a que os resultados e as filmagens realizadas fossem motivadoras.
 3. Análise visual na aula de partes dos vídeos realizados.
-

4. Tratamento analítico do vídeo usando o *software Tracker Physics*. Neste tratamento foi feita, sempre que possível, uma análise qualitativa e quantitativa de dados, sendo aqueles retirados para posterior tratamento gráfico e/ou estatístico, usando uma folha de cálculo.
5. Apresentação da análise à turma e discussão conjunta das conclusões.

Tabela 13- Etapas da intervenção

Nota: Nas etapas 3 e 4, nem todos os alunos fizeram exatamente as mesmas análises. Por vezes analisavam assuntos distintos, mas que seriam discutidos com toda a turma na etapa 5.



Fig. 2- Exemplos de atividades na Aula de Educação Física

Um dos pilares desta intervenção em todas as fases é a conversa com e entre os alunos sobre os temas em estudo. Vários investigadores, Arons, Mazur, Mcdermott, Olenick, Redish, etc (Briosa, 2011), propõem o diálogo entre professores e alunos como uma ferramenta imprescindível no ensino e aprendizagem da Física. Mas para levar os alunos a uma mudança concetual e ao conhecimento efetivo é necessário que este tenha um envolvimento ativo, na construção e desconstrução de novas ideias em linha com os modelos científicos aceites (Olenick, 2005). Só se forem promovidas verdadeiras experiências de compreensão, se pode conseguir a “ressonância”, que corresponde a experiências emocionais de referência que reforçam os novos modelos e consolidam aprendizagens (Olenick, 2005). Os alunos devem refletir sobre os conceitos em estudo, discutir entre eles e argumentar a favor das suas respostas, mas com o espírito aberto a aceitar opiniões que respondam corretamente a um maior número de factos do que as deles.



Fig. 3- Situação de apresentação e discussão de resultados

A motivação e interesse dos alunos foram sempre bastante elevados no intervalo de tempo em que decorreu esta intervenção, pois foram encontrando sempre pontos de interesse e formulando hipóteses, ou verificando pormenores que nunca tinham notado, mesmo dentro dos seus desportos de eleição. A motivação dada pelos professores de Educação Física também foi bastante importante, pois incutiram o interesse no conhecimento em termos da Física com a finalidade de aumentar as suas performances desportivas.

Em situações pontuais, também ocorreram conversas e pedidos de colaboração com a professora de Biologia para desenvolver melhor alguns assuntos relacionados com consumos energéticos e processos aeróbios e anaeróbios durante um exercício.

Como já foi indicado no ponto 1.7 desta dissertação, o ensino da Física é, pelas orientações da tutela, bastante contextualizado, mercê da abordagem CTSA defendida, contudo o tema do desporto apesar da sua riqueza em termos de Física e da motivação intrínseca que encerra só muito raramente é utilizado. Pela análise que foi feita aos manuais no mercado (Maciel, *et al.*, 2009; Ventura *et al.*, 2009; Martins *et al.*, 2005; Caldeira *et al.*, 2009), só em casos muito pontuais é que algo relacionado com desporto é mencionado e na maioria dos casos simples lançamentos de uma bola ou saltos de uma prancha para a água, sempre considerando todas as condições como ideais e sem intervenção de qualquer força externa exceto o peso. Referências ao movimento humano são inexistentes.

Sendo esta a primeira vez que uma abordagem deste tipo foi implementada, o professor tornou-se também um aprendiz com os seus alunos e muitas vezes aconteceu alterar planificações e estratégias previamente definidas, tanto em termos de focos de filmagem, como dos pormenores a analisar nos vídeos produzidos. Foi incutido sempre o espírito crítico aos alunos e a tentativa de que estes comparassem a realidade com os modelos teóricos conhecidos que tentam descrever essa realidade, analisando a validade das simplificações quase sempre adotadas nesses modelos.

Mercê da metodologia usada, não foram utilizados protocolos experimentais *à priori* definidos, eles foram criados em conjunto com os alunos no decorrer das fases do processo. Com efeito, muitas vezes, o facto de fornecer protocolos experimentais com todos os passos completamente definidos, leva muitos alunos a seguir esses passos acriticamente acabando por não tirar todo o partido da atividade que está a realizar. Contudo, para que se percebam todas as tarefas, foram elaborados os protocolos experimentais que se apresentam em anexo (anexo B).

Deve salientar-se que o ensino ministrado ao grupo de alunos de intervenção não assentou exclusivamente na abordagem aqui mencionada, ou seja esta atuação serviu de complemento a um plano de ação dito mais tradicional, mas que o substituiu em muitos pontos. Isto explica-se, por um lado, pela convicção de que os alunos ficarão a ganhar quando se usam várias estratégias de forma complementar, pois a sociedade é também ela complexa e é necessário ter discernimento para mudar de “tática” sempre que tal se mostre vantajoso; por outro lado, há planificações de Grupo Disciplinar e *timings* que é necessário respeitar, a que acresce a necessária e útil colaboração com os restantes colegas. Estando o estudo da mecânica mais confinado ao primeiro período escolar, algumas das filmagens e análises aqui efetuadas foram feitas quando já estavam a ser lecionados outros conteúdos da Unidade 2 e até 3. Felizmente isso não constituiu um elemento de perturbação, bem pelo contrário, serviu para ajudar a amadurecer as ideias dos alunos e ir alternando conteúdos de diferente natureza durante as aulas, o que ajudava a diminuir a saturação que certos assuntos lhes pudessem causar.

De salientar que muitas análises foram feitas pelos alunos em casa, tirando assim proveito das potencialidades informáticas dos recursos didáticos e rentabilizando as atividades de sala de aula.

3.2- Caracterização da escola e dos alunos

Os alunos intervenientes neste estudo frequentam todos o 12º ano na Escola Secundária D. Afonso Henriques.

A Escola Secundária D. Afonso Henriques é uma escola que ministra exclusivamente ensino secundário, quer regular, quer profissional e localiza-se no extremo do distrito do Porto, na confluência de 5 concelhos: Santo Tirso, Vizela, Guimarães, Paços de Ferreira e Famalicão, em pleno Vale de Ave. A escola está inserida numa zona deprimida em termos de empregabilidade, havendo uma taxa de desemprego bastante alta entre os Encarregados de Educação. De entre os pais que trabalham a maioria é operário fabril ou pequeno empresário (principalmente da área têxtil), não sendo percentualmente relevante o número de encarregados de educação com outras ocupações (ESDAH, 2010). Neste aspeto os alunos do estudo não se distinguem dos outros colegas da escola. Ainda assim, os concelhos servidos pela escola estão colocados no escalão 4 (o mais alto) do Índice

de Desenvolvimento Social (IDS) que é um índice com base na esperança de vida à nascença, nível educacional, conforto e saneamento. O que mostra que apesar dos problemas, o nível de conforto dos alunos, em média, é assinalável.

A generalidade dos alunos que participaram no estudo provêm de agregados familiares com habilitações académicas principalmente ao nível do ensino básico, sendo muito reduzido o número de pais com ensino secundário ou superior.

Os alunos participantes foram divididos em 4 grupos, 1 de intervenção e 3 de controlo. Os quatro grupos são compostos por alunos com idades muito similares 18/19 anos, no final do ano letivo. Todos habitam em Vila das Aves e localidades circundantes pertencentes aos concelhos de Santo Tirso e Guimarães. As localidades de origem dos alunos, apesar do elevado índice populacional e da industrialização continuam a ter características marcadamente rurais.

Devido a constrangimentos de ordem logística, as disciplinas de opção do 12º ano são frequentemente formadas por alunos provenientes de mais do que uma turma, frequentando as disciplinas não opcionais com o seu núcleo turma habitual. Esta situação deve-se a situações relacionadas com os os discrepantes pares de opções escolhidos pelos diferentes alunos, o que torna impossível por vezes associar um único par de opções a cada turma. Outro fator importante que obriga a esta junção é o número mínimo de alunos necessário para que a escola possa abrir uma nova turma. No caso das disciplinas de opção esse número passou de 10 para 20 alunos, na transição para o ano letivo 2012/2013.

Na tabela 14 é feita a caracterização sumária de cada grupo.

Grupo	Modalidade	Nº de alunos	Frequenta Física	Atividades	Turmas de origem agrupadas no grupo
1	Intervenção	17	Sim	Participaram em todas as atividades	12ºA, 12º B e 12ºD
2	Controlo	10	Sim	Não participaram nas atividades	12º D e 12ºE
3	Controlo	14 (*)	Não	Participaram em algumas atividades (**)	12ºA, 12º B e 12ºD
4	Controlo	20	Não	Não participaram nas atividades	12º D e 12ºE

Tabela 14- Grupos de alunos que participaram na investigação

(*) O grupo começou com 14 alunos, mas como uma aluna foi transferida de escola já depois do início do estudo, os dados referem-se apenas aos 13 alunos que permaneceram.

(**) Alunos que não frequentam a disciplina de opção Física, mas que pertencem às turmas dos elementos do Grupo 1. Estes alunos participaram nas filmagens e discussões feitas nas aulas de Educação Física, assim como participaram no desenvolvimento dos trabalhos de projeto desenvolvidos e apresentados na Feira das Ciências da Universidade do Minho e na Mostra Nacional de Ciência do 20º Concurso de jovens cientistas e investigadores. Este trabalho conjunto foi possível devido ao facto deste grupo de alunos ter a disciplina

de opção Química lecionada pelo mesmo professor e em conjunto com a maioria dos alunos do Grupo 1

Os estudos experimentais permitem avaliar o impacto de uma medida ou conjunto de medidas sobre o grupo de intervenção, em comparação com o(s) grupo(s) de controlo, que não foram alvo da mesma manipulação.

Idealmente os grupos de controlo deviam ser aleatórios, mas isso nem sempre é possível de conseguir em contextos educativos. Assim este estudo em termos de metodologia será chamado de estudo quase-experimental. Neste caso em particular, os grupos foram escolhidos por conveniência, tendo por detrás as seguintes razões:

- Alunos da mesma escola, se forma a garantir uma grande homogeneidade em termos socioculturais, vivências e oportunidades.
- Turmas participantes com percursos semelhantes no 10º e 11º anos, sem grandes diferenças médias nas classificações escolares.
- Idade dos intervenientes muito semelhante (18/19 anos).
- Comodidade de aplicação.
- Selecionados 4 grupos onde os alunos tinham escolhido Física como disciplina de opção no 12º ano (Grupos 1 e 3), ou tinham escolhido Química (Grupos 2 e 4). Garantiu-se assim que nenhum dos grupos continha elementos com grande aversão a esta área científica, o que poderia condicionar negativamente os resultados.

Embora esta conveniência limite as generalizações que se queiram fazer com base nos resultados do estudo, facilita a exploração e aplicação dos resultados e o desenvolvimento de estratégias úteis.

Nas turmas de origem destes alunos, não se verificam atos de indisciplina, havendo um bom ambiente de trabalho.

Contou-se com o total apoio e disponibilidade dos alunos dos diferentes grupos e dos professores que aplicaram o pré-teste e o pós-teste.

No caso dos Grupos 1 e 3, os testes foram aplicados em aulas de Física (Grupo 1) e de Química (Grupo 3) pelo seu professor e autor desta dissertação.

No caso do Grupo 2, os testes foram aplicados na aula de Física de um outro professor.

No caso do Grupo 4, os testes foram aplicados na aula de Química de um outro professor.

3.3- O Tracker (*software* de modelação de imagens vídeo)

O *Tracker* é um programa de análise de vídeo desenvolvido por Douglas Brown, no âmbito do projeto *Open Source Physics* (OSP). Este *software* foi projetado para ser usado em contexto educacional na disciplina de Física, embora na prática possa ser utilizado noutras áreas científicas.

Através da modelação de vídeo, o *Tracker* consegue combinar uma sucessão de imagens com modelos computacionais. Inclui, como característica básica, o seguimento da posição de objetos, apresentando tabelas com várias grandezas entre elas a sua velocidade e a sua aceleração. Também possibilita a obtenção de gráficos e podem ser ativados filtros com efeitos especiais, criação de múltiplos pontos de referência, pontos de calibração, linhas de perfil para análise do espetro, padrões de interferência e modelos dinâmicos de partículas.

Este *software* permite ainda exportar os dados recolhidos para serem tratados noutras aplicações informáticas externas.

O *Tracker* (OSP) pode ser descarregado gratuitamente no sítio

<http://www.cabrillo.edu/~dbrown/Tracker/> (fig. 4)

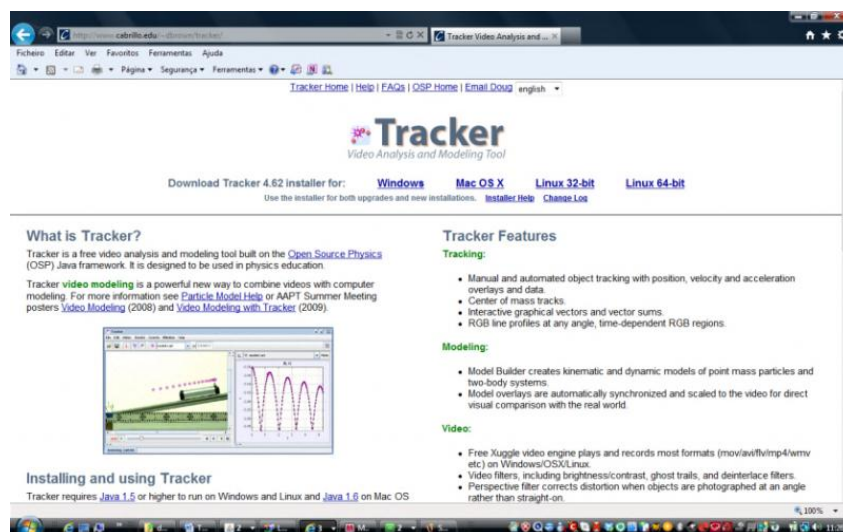


Fig. 4- Sítio do *Tracker* na internet

No anexo A, pode ser encontrado um tutorial que escrevemos em português, o qual descreve de uma forma rápida, simples e não exaustiva, as principais funcionalidades do programa (sem contudo as esgotar).

Trata-se de um programa muito intuitivo e os alunos rapidamente dominaram as suas funcionalidades básicas. Com o hábito, o utilizador constatará que há muitas formas alternativas de executar as diferentes ações, quer através das barras de menus, quer através dos ícones de acesso rápido, quer mesmo usando o botão esquerdo e principalmente o botão direito do rato.

Uma vez que este *software* trata da análise de imagens com base em referenciais, para poder fazer uma análise quantitativa rigorosa, será aconselhável que os vídeos usados tenham uma orientação de filmagem adequada e uma melhor estabilidade mecânica possível. Aconselha-se assim a filmagem com tripé de estabilização. Algo importante será equilibrar o brilho e saturação das imagens, nos casos em que a sua perceção possa ser melhorada.

O *Tracker* consegue fazer o seguimento automático de pontos objetos, facilitando e acelerando o processo de modelação das imagens. Mas para poder fazer esse seguimento automático, os pontos a seguir devem ter um bom contraste não se confundindo com outros. Uma maneira de conseguir esse contraste é colar *post-its* coloridos, nos pontos que se querem seguir, antes de iniciar a filmagem (fig. 5)

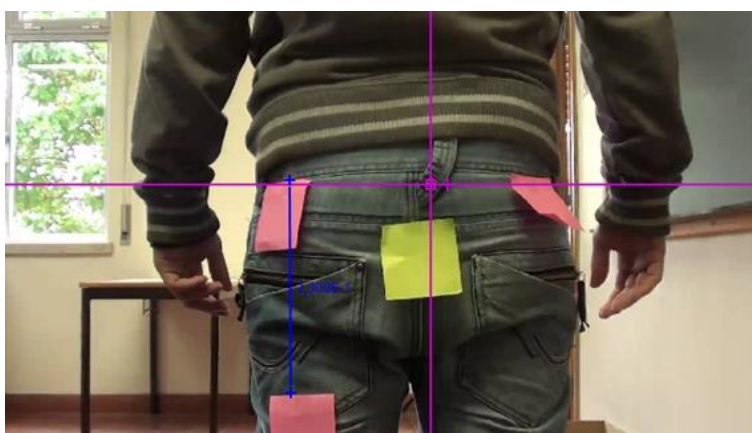


Fig. 5- Pontos de contraste (*post-it's*) a serem seguidos automaticamente no *Tracker*

3.4- Outros *softwares* usados

Para além do *Tracker*, muitos outros programas informáticos de apoio foram usados. Foi necessária a imprescindível utilização dos programas associados ao *office* e instalados em qualquer computador, seja na versão da *Microsoft*, seja numa das suas versões compatíveis gratuitas que é possível encontrar na *internet*. Esses programas foram úteis para o registo e análise dos resultados.

Utilizaram-se ainda uma série de programas auxiliares, como o *Audacity* que permitiu o tratamento do som captado nalgumas das experiências realizadas.

Este programa, que pode ser facilmente encontrado de forma gratuita na *internet*, permite mesmo cortar e analisar as gravações áudio captadas pelo microfone de qualquer computador no decorrer de algumas experiências (fig. 6).

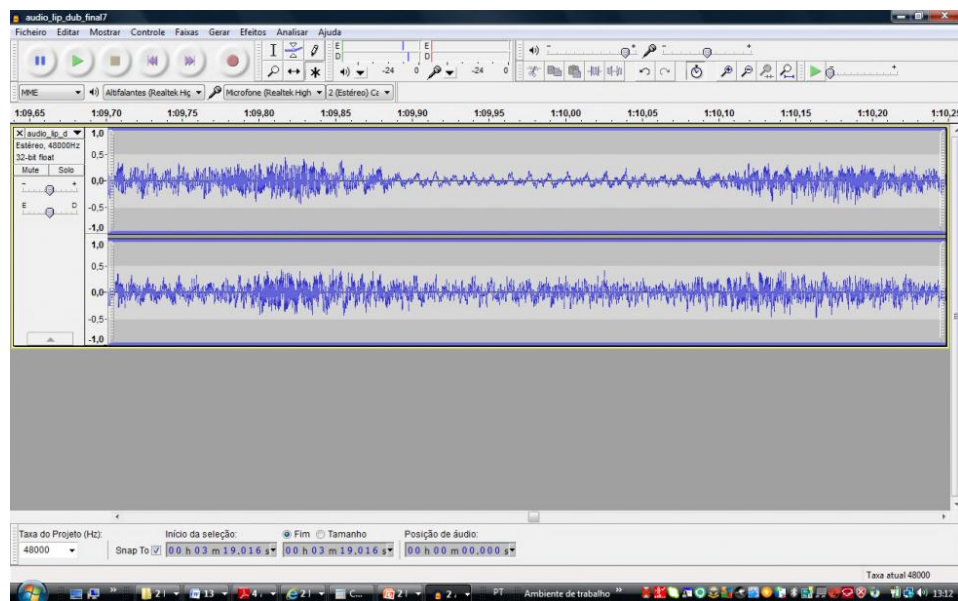


Fig. 6- Janela de trabalho do Audacity

Como nem todas as extensões de gravação de vídeo são interpretadas pelo *Tracker*, não se podem trabalhar diretamente as imagens captadas por algumas câmaras de filmar. Quando isso acontece aparece uma janela *pop up* com uma mensagem a alertar. Contudo isso não é um grande problema, pois há vários programas que convertem uns formatos de vídeo noutros.

Para alterar o tipo de vídeo, aconselha-se o *software* livre e de download gratuito em vários sítios da *internet* “Any Video Converter”, versão gratuita. Este é um excelente conversor de vídeo e com um modo de funcionamento muito fácil e intuitivo. Aconselha-se a conversão para o tipo de Vídeo MP4, com as dimensões originais.

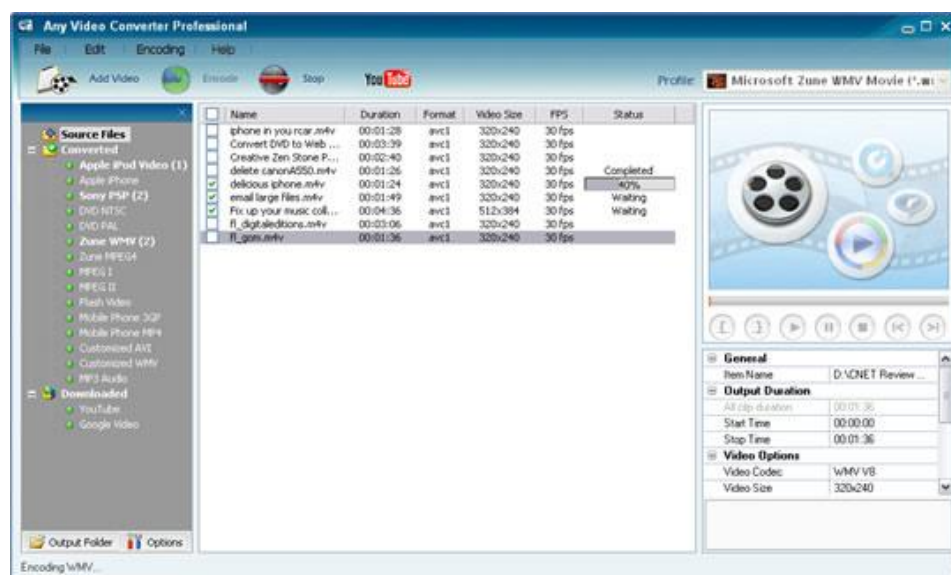


Fig. 7- Interface gráfica do conversor de Vídeo “Any Video Converter”

Para um ajustamento na orientação dos vídeos, caso tenham sido filmados na horizontal, ou mesmo para inverter o eixo de simetria vertical, pode ser usado o *software* livre, também disponível

para download grátis, “Free Vídeo Flip and Rotate”. O *Tracker* também tem uma ferramenta que permite executar esta ação (ver descrição no anexo A).

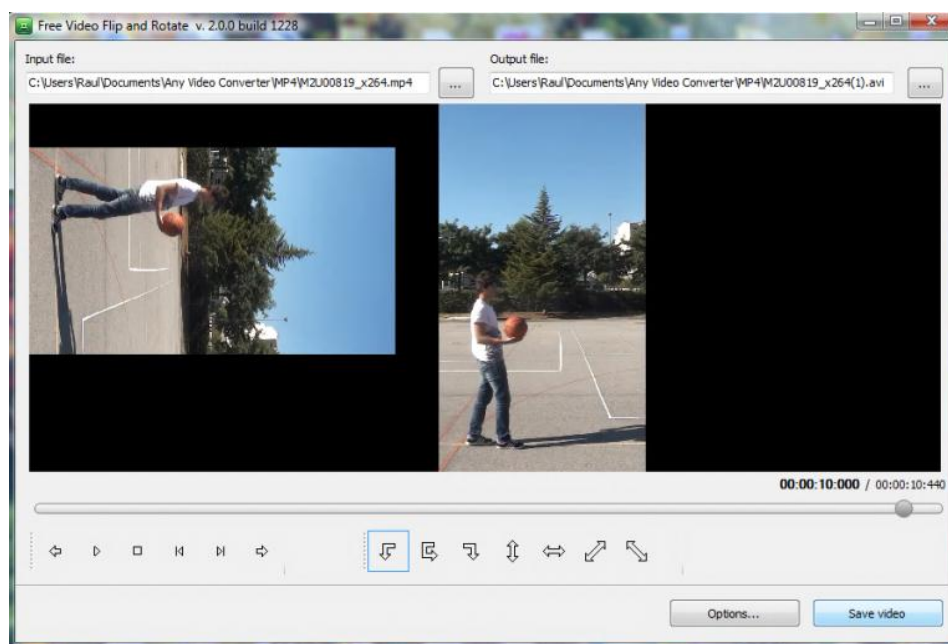


Fig. 8- Interface gráfica do *Free Video Flip and rotate*

Para melhorar o brilho ou saturação da imagem, pode ser feito um tratamento preliminar em qualquer programa de tratamento de imagem, ou então usar as funcionalidades do filtro de vídeo do *Tracker*, como explicado no anexo A.

[Capítulo 4] Conteúdos científico/pedagógicos presentes nas atividades da intervenção

Neste capítulo não se pretende explicar pormenorizadamente a forma como os assuntos foram abordados, mas apenas dar pistas sobre os conteúdos tratados e os contextos em que estes foram discutidos. Nas situações estudadas, por vezes, foi necessário abordar vários conceitos diferentes e as discussões não se limitaram ao que aqui é indicado. As observações feitas pelos professores de Educação Física também foram bastante importantes e levaram a que os alunos as tentassem interpretar com a “linguagem” da Física.

Os alunos praticam desportos, quer na escola, quer nas suas atividades extracurriculares, onde os seus movimentos e posições corporais são essenciais ao desenrolar dos mesmos, trataremos o desporto com base nestes movimentos e nos movimentos dos objetos usados, tais como bolas e pesos. Será feita uma abordagem qualitativa e sempre que possível quantitativa com recurso a modelos físico-matemáticos simplificados. Estes modelos pretendem demonstrar como simples leis mecânicas e relações matemáticas podem explicar boa parte do que acontece em alguns eventos desportivos. Paralelamente a esta abordagem foram sempre abordados os assuntos presentes no manual da disciplina assim como a abordagem matemática adaptada ao nível do 12º ano.

O capítulo está dividido em 8 itens principais. O desenvolvimento das aulas não seguiu necessariamente a ordem cronológica apresentada aqui.

- Nos itens 4.1, 4.2 e 4.3 são abordados de forma bastante exaustiva os conceitos que explicam os movimentos de andar, correr e saltar. Foi dada maior ênfase a estes itens porque não costumam ser objeto de estudo e praticamente não aparecem referências a estes assuntos em livros do ensino secundário. Praticamente todos os conceitos da mecânica podem estar contidos na locomoção humana, incluindo as leis de Newton, sistemas de partículas, cinemática, dinâmica e movimentos de corpos sujeitos a forças. Fazem-se chamadas de atenção para a necessidade de usar conceitos simples como o torque (momento de força) que atualmente se encontram afastados dos programas do ensino secundário. É feita também uma abordagem à análise dimensional que nos permite por vezes simplificar a resolução de problemas e é uma ferramenta que deveria ser mais conhecida, principalmente por alunos de ciências e tecnologia.

A gravitação é algo intrínseco a todos os movimentos tratados.

- No item 4.4, abordamos questões relacionadas com o movimento de bolas, o objeto mais usado e praticamente sempre omnipresente nas aulas de Educação Física. É mostrado que as leis que regem a locomoção também se aplicam aqui e mostra-se que nem sempre a simplificação de considerar

nula a resistência do ar pode ser aplicada, sob pena de não conseguirmos explicar os resultados. Ainda com o movimento das bolas abordamos alguns dos seus ressaltos, onde se faz um estudo de movimentos periódicos e outros efeitos nomeadamente relacionados com a mecânica dos fluídos que fazem alterar as trajetórias estimadas.

- No item 4.5, com a impossibilidade de abordar a hidrostática numa aula de educação Física por não haver piscina na escola, optou-se por abordar e “brincar” com um modelo de um barco feito pela soldagem de placas de ferro e que inclui vários compartimentos interiores e ainda com a exploração das propriedades da água e congelação da mesma. Tanto o barco, como o projeto de investigação sobre a congelação da água foram desenvolvidos por dois grupos de alunos para apresentar na Feira de Ciências da Universidade do Minho e aproveitados para discussão nas aulas.

- No item 4.6, aborda-se a construção e lançamento de pequenos projeteis, onde é possível abordar praticamente todos os conceitos da mecânica, com enfoque, nuns casos, na conservação do momento linear e mecânica dos fluídos e, noutros casos, nos movimentos oscilatórios.

- No item 4.7- refere-se a construção de um carro movido a energia solar, mas cuja construção serviu de desculpa para explorar vários conceitos de mecânica, incluindo o atualmente ausente dos programas “momento de inércia”.

- Por fim, no item 4.8 é feita uma abordagem diferente que permita aos alunos entender o conceito de velocidade através da construção de um dispositivo que os faz abordar os conceitos relacionados com a mecânica ondulatória e que acaba com a medição de forma bastante exata da velocidade de remate de uma bola de futebol.

As referências aos números de experiências ao longo deste capítulo, remetem em todos os casos para o anexo B, onde se podem encontrar protocolos experimentais detalhados das mesmas.

4.1- A atividade de andar

4.1.1- O ciclo da marcha

A atividade de andar é tão natural que nem nos apercebemos dos fenómenos envolvidos na sua execução. Andar é a forma fundamental de locomoção para os seres humanos, ainda que seja um padrão de movimento bastante complexo.

Por azar, logo no início do ano letivo um aluno, o André S., contraiu uma lesão numa aula de Educação Física, que de início se pensou tratar de uma rotura muscular (pois o aluno mal conseguia apoiar o pé no chão), mas que depois apenas se confirmou um estiramento muscular que foi resolvido com alguns medicamentos e principalmente repouso durante um mês. Devido a este episódio durante a convalescença, o aluno ficou debilitado na sua forma normal de caminhar com perda parcial do equilíbrio. Este facto acabou por ser usado como mote para a análise física da

locomoção humana (Biomecânica), mais propriamente dos fenómenos que a caracterizam e o equilíbrio que é necessário manter.

A locomoção é um movimento do corpo ereto para a frente, usando as extremidades inferiores para propulsão (Edwards, 1999). Em suma, andar consiste em levantar um pé do solo para projetá-lo em frente.

Inmann (1981) analisou a atividade de andar observando a posição e o deslocamento do centro de gravidade do corpo e verificou que durante o movimento ocorre uma perda e uma recuperação do equilíbrio, sequencialmente. Concluiu que o andar é uma atividade passiva, dependendo da transferência do peso corporal acima do apoio.

Os movimentos de locomoção variam ligeiramente de indivíduo para indivíduo, por isso, os investigadores criaram o conceito de “posição anatómica de referência”, que inclui um sistema cartesiano de coordenadas tridimensional que permite identificar e descrever a posição de qualquer ponto, normalmente o Centro de Massa (CM), no espaço.

Os eixos desse sistema cartesiano incluem os planos de referência indicados na tabela 15.

Eixo	Plano	Descrição
Anterior/posterior	Plano sagital	Divide a massa do corpo verticalmente, em duas partes iguais e é responsável pelo movimento para trás e para a frente;
Horizontal	Plano transversal	Separa o corpo nas metades superior e inferior e é o plano no qual ocorrem os movimentos horizontais do corpo e dos segmentos corporais quando o corpo se encontra na posição ereta;
Vertical	Plano frontal	Divide o corpo verticalmente em metades anterior e posterior com massa igual e é responsável pelos movimentos laterais do corpo.

Tabela 15- Planos cardinais da posição anatómica de referência

Para um indivíduo de pé os três planos cardinais entrecruzam-se todos num único ponto, o CM (figura 9).

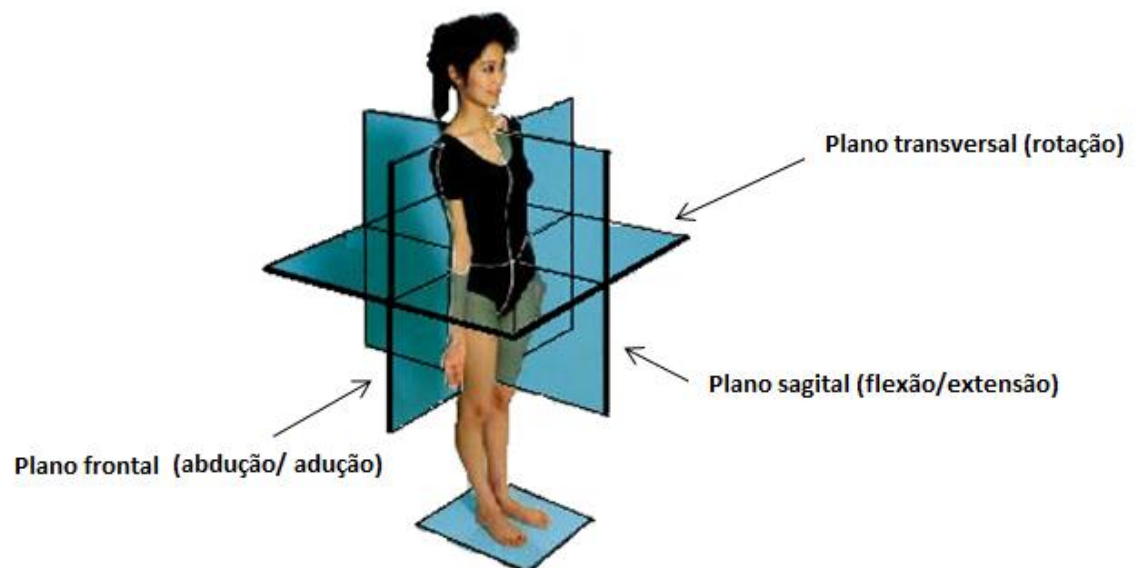


Fig. 9- Eixos anatómicos de referência (Hall, 2000)

A locomoção é um processo complexo que necessita de um elaborado controlo do sistema músculo-esquelético e do sistema nervoso. Pela simples visualização, conclui-se que a locomoção não é um fenómeno único, mas sim o resultado de vários fenómenos interligados. O sistema músculo-esquelético responsável pela motricidade do corpo humano é extremamente complexo do ponto de vista biomecânico, por isso somos “obrigados” a recorrer a modelos simplificados para o descrever.

Com isso, podemos caracterizá-lo como uma sequência de apoio simples (um pé) e duplo apoio (Hall, 2000). Existe uma fase em que um dos apoios não está em contacto com o solo, fase esta denominada de oscilação ou balanço.

Convencionou-se descrever o movimento da marcha seguindo a trajetória do membro inferior direito (Adams, 1998). Esse movimento é constituído por uma fase de apoio, no qual os músculos responsáveis pelo equilíbrio dinâmico são solicitados e por uma fase de oscilação, durante a qual o membro inferior flexionado no joelho, avança para atingir o solo mais à frente, esticando a perna. Quando uma perna se desloca para diante, há flexão coordenada do quadril e do joelho, dorsiflexão do pé e uma elevação pouco perceptível do quadril, para que o pé se afaste do chão (Adams, 1998).

O ciclo da marcha normal encontra-se esquematizado na (fig. 10) e define-se como o período entre pontos sucessivos nos quais o calcanhar do mesmo pé toca o solo (Viel, 2001).

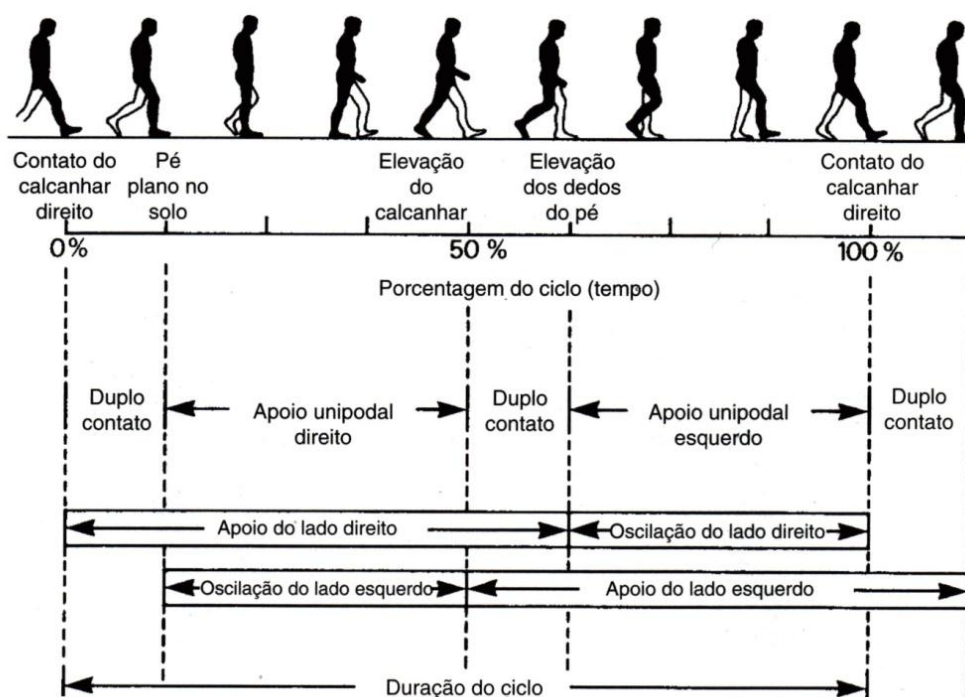


Fig. 10- Divisões do ciclo de marcha (Viel, 2001)

O ciclo é iniciado pelo toque do pé direito no chão. A “fase de apoio”, durante o contacto do pé com o solo demora 60 a 65% do ciclo e corresponde à ação do corpo se equilibrar sobre um único pé.

A “fase de apoio” é subdividida em cinco períodos:

1. Apoio do calcanhar;
2. Alinhamento do pé;
3. Acomodação intermediária;
4. Impulsão do calcanhar;
5. Impulsão dos dedos.

A fase de oscilação, corresponde à atividade de procurar o solo à sua frente e avançar a perna. A atividade muscular é máxima na fase de apoio e mínima na fase de oscilação, sobretudo por uma recuperação de energia cinética.

A “fase de oscilação” é dividida em três períodos:

1. Oscilação inicial (aceleração);
2. Oscilação intermediária;
3. Oscilação terminal (desaceleração).

Conforme o indivíduo oscila, os recetores sensoriais visuais (baseados nas características externas do ambiente), os recetores somatosensoriais (baseados nas informações colhidas através do contacto com o meio) e os recetores vestibulares (baseados nas forças gravitacionais) detetam essas flutuações e geram respostas compensatórias nos músculos adequados de forma a manter o equilíbrio.

O período em que ambos os pés estão em contacto com o solo é chamado de sustentação dupla. A largura do passo corresponde à máxima distância entre o contacto do calcanhar esquerdo e o do calcanhar direito. O comprimento do passo corresponde à distância entre um contacto do calcanhar direito e o próximo contacto do calcanhar direito.

Andar é, antes de tudo manter-se de pé. É deixar-se guiar pelos automatismos adquiridos ao longo do amadurecimento do sistema nervoso e do sistema locomotor.

Adams (1998), concluiu que, quando analisados em maior detalhe, os requisitos necessários à locomoção numa postura bípede e ereta podem ser reduzidos aos seguintes elementos:

1. Sustentação antigravitacional do corpo
É necessário que exista a intervenção do sistema músculo-esquelético de forma coordenada para dar rigidez estrutural ao corpo sem que este se dobre com descontrolo das diferentes

partes que o constituem. A sustentação do corpo na posição ereta é proporcionada pelos reflexos posturais e antigravitacionais, que permitem que uma pessoa levante de uma posição deitada ou sentada para uma postura bípede ereta e mantenha a firme extensão dos joelhos, quadris e dorso, modificáveis pela posição da cabeça e do pescoço. Estes reflexos dependem dos impulsos tácteis e visuais.

2. A propulsão

A propulsão é fornecida pela inclinação para diante e discretamente para o lado, permitindo que o corpo “caia” uma certa distância, antes de ser reprimido pela perna.

A ação de caminhar implica aplicar uma força (com a planta do pé) sobre o solo que garanta a propulsão (3ª Lei de Newton). Daí que, para ser possível andar, é indispensável a existência de atrito suficiente entre a superfície de contacto de quem se move (pé, ou sapato), com a superfície de apoio (Viel, 2001). A Força de atrito, opõe-se ao deslizamento do pé sob o solo e na ausência dela o movimento horizontal é impossível. As superfícies de apoio e do pé ou calçado, têm de proporcionar um coeficiente de atrito (μ) suficientemente alto para permitir ao indivíduo “empurrar” o solo para trás e consequentemente haver lugar à propulsão do seu corpo para a frente. Na figura 11b, mostram-se as forças que atuam, quando cada aluna pouso o pé de apoio e se desloca da direita para a esquerda (figura 11a). A força \vec{F} é exercida pela aluna sobre o solo quando esta apoia o pé propulsor, pela 3ª Lei de Newton, o chão empurra a aluna com força igual e oposta, a força \vec{R} . Essa força decompõe-se em duas componentes, a reação normal (\vec{R}_n) e a força de atrito \vec{F}_a , a reação normal equilibra o peso (\vec{P}) e a força de atrito impede o pé de deslizar para trás, empurrando-a para a frente, pois opõe-se à tendência de deslizamento entre as superfícies. É ela a responsável pela locomoção ao ter o sentido do movimento do CG do corpo.



Fig. 11a- Alunas a andar

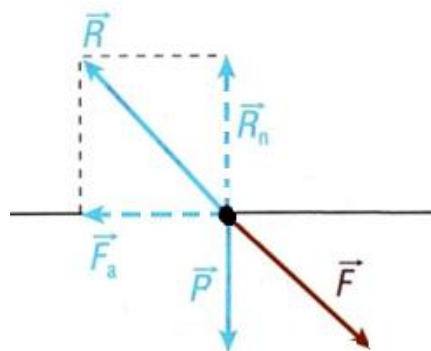


Fig 11b- Forças no sistema pé de apoio-Terra na locomoção (Maciel, 2009)

Nesta, como noutras situações, ao contrário do que acontece no arrastamento de um objeto pelo solo, a força de atrito, tem a mesma direção e sentido do deslocamento. Essa força de atrito também dependerá da força exercida pelo solo sobre o corpo ($\overrightarrow{R_N}$) que se relaciona com a resistência do meio que impede o corpo de afundar no solo sob o efeito da força gravitacional. Esta reação do plano tem o mesmo valor das forças verticais descendentes. Sendo a força de atrito:

$$\overrightarrow{F_a} = \mu \cdot \|\overrightarrow{R_N}\| \quad (1)$$

3. A manutenção do equilíbrio

Aqui está a chave para manter controlado o corpo em condições estáticas, quase-dinâmicas ou dinâmicas e em graus de apoio muito variáveis (fase unipodal ou bipodal).

Manter o equilíbrio exige coordenação entre postura, equilíbrios e locomoção com adaptação a cada momento e desvio dos obstáculos do mundo externo. No ponto 4.1.2 serão tratadas as principais características mecânicas necessárias para que o equilíbrio seja possível.

4.1.2- Estabilidade e equilíbrio corporal

4.1.2.1- O centro de gravidade

A definição do conceito de Centro de Gravidade (CG) é atribuída a Arquimedes (287 a.C. - 212 a.C.).

O CG de um corpo rígido é o ponto tal que, se imaginarmos o corpo suspenso por este ponto e com liberdade para girar em todos os sentidos, este permanecerá em repouso e preservará sua posição original, qualquer que seja a orientação do corpo em relação à Terra. Consideremos o corpo humano, um sólido invariável, formado por inúmeros pontos materiais, colocado num campo gravítico uniforme. O sistema de forças aplicado é equivalente a um vetor único aplicado no CG. Será então o ponto ao redor do qual a massa e o peso de um corpo estão equilibrados em todas as direções.

Essa estabilidade será encontrada sempre que um ponto de sustentação de um corpo e o CG estejam situados ao longo de uma mesma linha vertical. Sendo essa estabilidade máxima quando o ponto de sustentação esteja situado acima do CG (o que nunca acontece na locomoção).

Em locais cujo campo gravitacional seja uniforme, como seja a superfície terrestre, o CG coincide na prática com o CM, por isso neste contexto entenderemos estes dois conceitos como equivalentes (Assis, 2008).

Se considerarmos um sistema constituído pelas massas m_1, m_2, \dots, m_n situadas em pontos P_1, P_2, \dots, P_n , de um campo gravítico com vetores de posição $\vec{r}_1, \vec{r}_2, \dots, \vec{r}_n$, as coordenadas do centro de gravidade CG, em relação ao ponto fixo O, são dadas por:

$$\vec{r}_{CG} = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^n m_i \vec{r}_i \quad (2)$$

onde :

$$M = \sum_{i=1}^n m_i \quad (3)$$

A projeção da equação 2 sobre os três eixos ortogonais permite obter as coordenadas X, Y e Z do centro de gravidade:

$$X = \frac{\sum (m_i x_i)}{M} \quad (4)$$

$$Y = \frac{\sum (m_i y_i)}{M}$$

$$Z = \frac{\sum (m_i z_i)}{M}$$

O CG de um humano ereto, com os braços junto do corpo, está situado na zona da cintura numa posição central na espessura segundo qualquer dos eixos de referência, a uma altura, contada a partir do solo, igual a 55% da altura do indivíduo, ao nível da segunda vértebra lombar (Viel, 2001), tal como representado na figura 12.

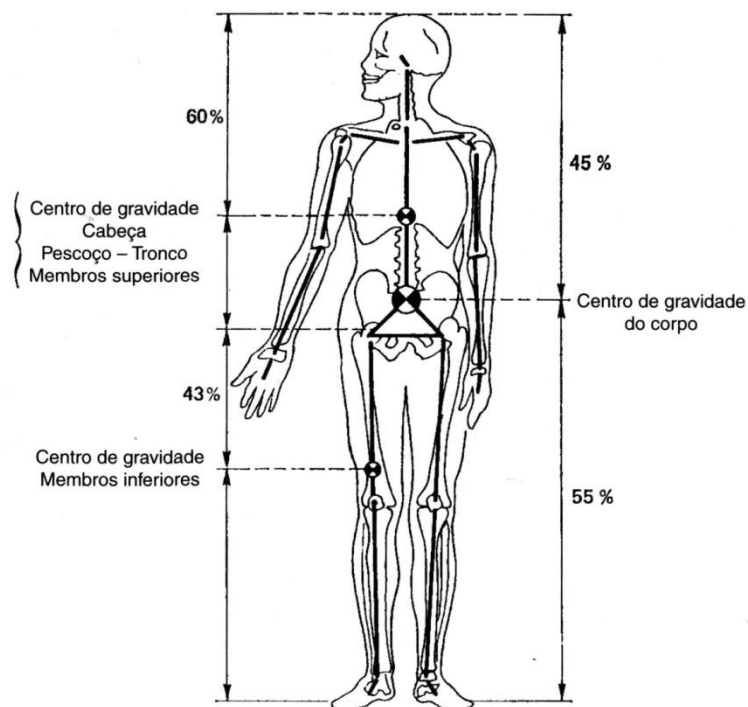


Fig. 12- Centro de gravidade do corpo humano em posição ereta

Suponhamos um grave assente, sem atrito, sobre um plano horizontal, por vários pontos de apoio. As reações em cada apoio (\vec{R}_n), são forças verticais com sentido de baixo para cima, formando uma força resultante nesse sentido.

O corpo de peso \vec{F}_g (resultante da força aplicada no CG) estará em equilíbrio se esta força resultante for igual em módulo e com sentido oposto ao peso do corpo ($\vec{R}_n = -\vec{F}_g$) e a projeção vertical do seu CG cair no interior do polígono de sustentação (fig. 16), que na postura ereta está definido pela área compreendida entre os calcanhares e os dedos dos pés.

Como o corpo humano é um sistema dinâmico com vários elementos articuláveis, o CG, deslocar-se-á quando cada pessoa se move, inclina ou carrega um peso exterior ao corpo. Os músculos tendem a executar forças que equilibrem esses movimentos de forma a que a projeção vertical do vetor \vec{F}_g , com origem no CG, esteja contida na base de sustentação do corpo e o equilíbrio seja assegurado.

4.1.2.2- Equilíbrio

Estabilidade é um conceito intimamente relacionado com os princípios do equilíbrio. A estabilidade é definida mecanicamente como a resistência à rutura do equilíbrio. Quando dizemos “ficar estável”, subentende-se que se quer dizer “estar equilibrado”.

De conformidade com a segunda lei de Newton:

$$\vec{F}_r = m \cdot \vec{a} \quad (5),$$

quanto maior a massa (m), maior terá de ser a força (F_r) que temos de aplicar para conseguir determinada aceleração (a). Exemplificando, os ginastas com maior massa corporal estão em desvantagem em relação aos de menor massa, pois a execução da maioria das provas deste desporto envolve quebra da estabilidade.

Outro fator que afeta a estabilidade é o tamanho da base de sustentação ou apoio. Esta corresponde à área de contacto do corpo com a superfície de apoio. Quando a linha de ação do peso de um corpo (a partir do CG) se desloca para fora da base de apoio, terá sido criado um torque que tende a produzir movimento angular do corpo, rompendo assim a estabilidade, com o CG, caindo no solo. (Experiencia B1)

Quanto maior a intensidade da força de atrito entre um objeto e a superfície, maior a força necessária para iniciar e manter o movimento. Maior atrito significa maior estabilidade estática.

Quanto maior for a base de apoio, menor será a probabilidade de perda de estabilidade, por ser maior a probabilidade de a vertical que passa no CG a intersectar.

Quando o CG estiver mais próximo da base de apoio, também aumenta a estabilidade, pois nem que o corpo incline mais, a vertical que passa no CG passará com maior probabilidade na base.

Mas quando falamos de equilíbrio convém explicitar se estamos a falar de equilíbrio estático (parado) ou de equilíbrio dinâmico (em movimento), pois estes têm características diferentes (que raramente são indicadas a nível de estudos secundários). Na realidade, sempre que se refere a palavra equilíbrio, nos programas atuais subentende-se sempre equilíbrio estático, assunto que é abordado pela primeira vez no 9º ano, mas que nunca é tratado de forma mais completa ao longo dos 3 anos do secundário.

Para haver equilíbrio estático é necessário que, para além do que já foi dito, se verifiquem cumulativamente as seguintes condições:

1. A resultante das forças que atuam no corpo deverá ser nula em todas as direções.

$$\begin{aligned}\sum F_x - ma_x &= 0 \\ \sum F_y - ma_y &= 0 \\ \sum F_z - ma_z &= 0\end{aligned}\tag{6}$$

2. A soma de todos os torques (momentos das forças) ser também nula.

$$\begin{aligned}\sum M_x &= \sum r_x \times F_x = 0 \\ \sum M_y &= \sum r_y \times F_y = 0 \\ \sum M_z &= \sum r_z \times F_z = 0\end{aligned}\tag{7}$$

Uma pessoa parada está sujeita a duas forças principais, o peso (F_g) e a reação do solo nos seus pés (R_n). Se essas duas forças permanecerem alinhadas, o corpo manter-se-á em equilíbrio estático. Mas devido às características móveis dos seres humanos e à sua configuração relativamente longa e fina, facilmente há flutuações no alinhamento dessas forças, ainda que permaneçam paralelas, pelo que rapidamente formam um par de forças acoplado, aquilo que normalmente se designa por um binário de forças como é exemplificado na figura 13.

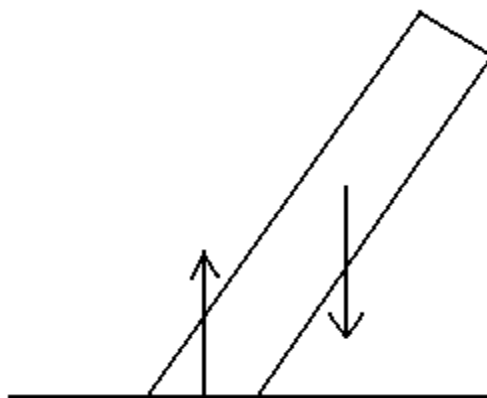


Fig. 13- Binário de forças num corpo rígido em desequilíbrio

Do ponto de vista estático, uma inclinação por mínima que seja, sob a ação da formação desse binário de forças, tenderá a inclinar mais a pessoa, até que ela caia. Para evitar cair, o corpo tem de fazer movimentos rápidos que reequilibrem o seu CG, isto é, o equilíbrio só é assegurado dum ponto de vista dinâmico. Consequentemente, talvez se deva falar em “equilíbrio dinâmico” em vez de “estático”.

Um indivíduo alto tem o seu CG mais longe do ponto de rotação (que será o tornozelo), reduzindo desse modo a frequência das oscilações. Sendo essas oscilações mais lentas, dão mais tempo para o corpo fazer os ajustes de postura indispensáveis ao equilíbrio. Assim o homem é tanto mais estável quanto mais alto for. Como exemplo refira-se o caso das pessoas que se movimentam em andas, que conseguem o equilíbrio com grande facilidade. Quanto mais afastado o CG está em relação à base, maior é a estabilidade dinâmica. Por outro lado, diminuindo esse afastamento melhora-se o equilíbrio estático, reduzindo-se o dinâmico.

Uma forma, muito interativa e divertida de verificar que a linha vertical de projeção do CG tem de estar sempre contida dentro do polígono de sustentação dos pés em apoio bipodal ou de um só pé em apoio unipodal é utilizar o acessório *Wii Balance* juntamente com a consola de jogos *Wii* da Nintendo (figura 14).

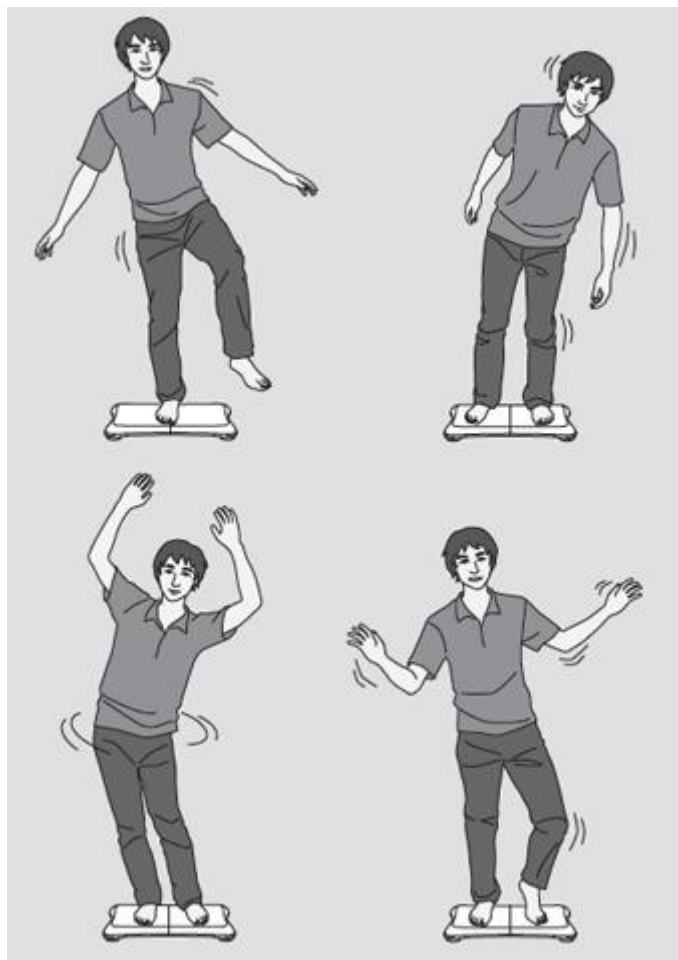


Fig. 14- Utilização do acessório *Wii Balance*

Efetivamente, nesta consola pode encontrar-se um modo de treino onde são captadas as forças imprimidas nas diferentes zonas dos pés. Essas forças são função da nossa postura (mais ereta ou mais inclinada) e também da posição dos braços. Com base nessas forças é apresentado no ecrã o local onde passa a projeção vertical do CG, em relação à posição dos pés. Com este acessório, podemos também verificar, de forma bastante espetacular, que nunca conseguimos manter um equilíbrio completamente estático, tendo necessidade de compensar a nossa posição através do sistema nervoso com ajuda dos músculos e ajuda de movimentos de braços ocorrendo uma alteração contínua do mesmo.

Uma outra forma de verificar estes factos é tentar chegar com as mãos à ponta dos pés mantendo as pernas esticadas sem fletir os joelhos (figura 15). A título de exemplo notou-se, com a ajuda do *Tracker* que, nesse movimento, a localização do CG alterou de lugar no corpo uma distância de cerca de 19 cm no eixo do x, enquanto no eixo do y é perceptível a variação, mas de difícil análise, ficando mais ou menos estável ao longo do tempo.



Fig. 15- Alteração do CG na mudança de posição

Quando se inclina o corpo para a frente altera-se a posição do centro de massa (CM) do corpo, ocorrendo uma reação corporal movimentando, encostando visivelmente as pernas para trás (sem mexer os pés).

Tentou repetir-se a mesma experiência mas com o sujeito encostado a uma parede, tendo-se essa tarefa revelada impossível de realizar sem cair para a frente, porque o CG ficava imediatamente fora da base de sustentação do corpo. A parede não deixava compensar esse movimento, daí a pessoa cair para a frente.

4.1.3- Análise dos movimentos

Como durante o ciclo da marcha a área da base de sustentação do corpo humano diminui muito no momento em que se passa do apoio bipodal ao unipodal, o indivíduo vai precisar deslocar o CG para cima do único pé assente, de forma a manter o equilíbrio

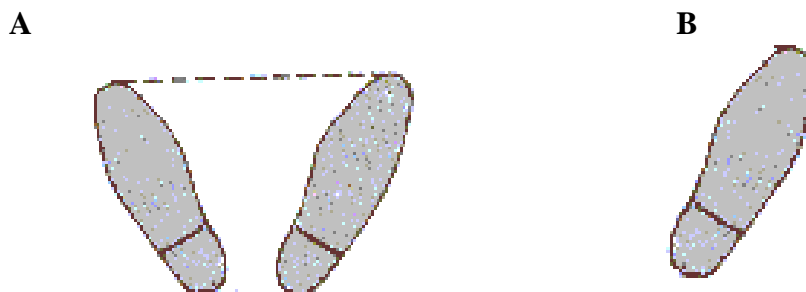


Fig. 16- Área da base de sustentação com dois pés (A) e com um só pé (B) apoiado no solo (Carvalho, 1995)

Observando alguém a caminhar é notório que há movimentos do corpo em todos os planos sagitais. Mas, mesmo a baixa velocidade, é difícil apreciar completamente os movimentos da pelve sem meios de registo auxiliares (plataformas piezoelétricas ou câmaras de vídeo). A dificuldade advém principalmente do facto dos movimentos serem sincronizados nos três planos do espaço e das oscilações serem de baixa amplitude. Esses movimentos, certamente, devem-se à necessidade de reequilibrar o corpo humano a cada passada.

À pergunta sobre qual o plano em que esses movimentos seriam mais pronunciados, a totalidade dos alunos disseram que era sem dúvida no plano dos movimentos verticais, por oposição aos movimentos laterais. Passando a uma observação atenta dos colegas a caminhar, os alunos detetaram também o movimento num terceiro plano que correspondia a uma espécie de movimento rotatório da zona das ancas e ficaram com muito menos certezas da maior amplitude de movimentos verticais em relação aos laterais.

Para tirar este assunto a limpo partiram para uma experiencia (anexo B1) onde filmaram 22 colegas (11 rapazes e 11 raparigas) a caminhar.

Uma primeira observação que alguns alunos rapidamente detetaram, e que nunca tinham reparado, foi que o movimento lateral da pelve se dá no sentido oposto ao pé de apoio.

A título de exemplo apresenta-se o gráfico 2, obtido no *Tracker* após análise da imagem:

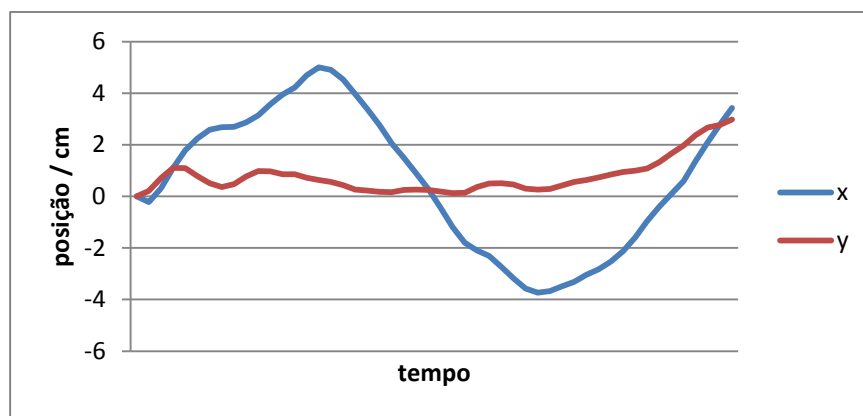


Gráfico 2- Desvios da pelve de uma pessoa do sexo masculino ao andar (1 passo). Linha azul (x)- desvio lateral; linha castanha (y)- desvio vertical

É facilmente visível, no gráfico 2, que a variação vertical (linhacastanha) é bem menor do que o desvio lateral (linha azul). Este resultado surpreendeu, pois existia a firme convicção de que a amplitude do movimento seria maior na vertical.

O valor da variação na vertical é praticamente irrelevante, enquanto o valor na horizontal apresenta variações apreciáveis.

Um ponto importante a discutir é a aparente diminuição da variação da amplitude do movimento quando nos afastamos da câmara fixa. Tal não é real, pois isso deve-se à paralaxe devida a questões de perspetiva, já que um objeto mais afastado tende a parecer mais pequeno na imagem filmada. Todas as tentativas de usar uma câmara móvel que acompanhasse o movimento ou mesmo controlar o *zoom* da câmara, não tiveram resultados muito satisfatórios. Assim, filmou-se e analisaram-se os gráficos do movimento, mas só se tomaram para análise quantitativa os valores correspondentes ao primeiro passo.

O desvio pélvico lateral é bastante uniforme, pois esta zona do corpo é rija de forma a manter a integridade corporal. No gráfico 3 são apresentados os desvios laterais de 3 pontos diferentes da zona pélvica, mostrando que ela se movimenta em bloco, independentemente do pé que está a ser apoiado no chão.

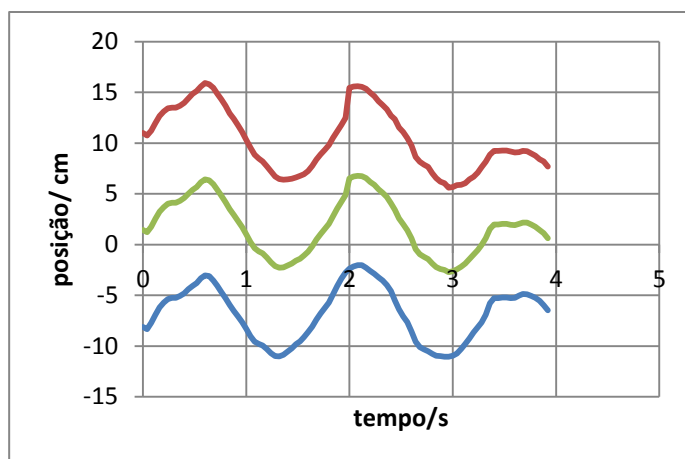


Gráfico 3- Desvios laterais da pelve de 3 pontos situados do lado esquerdo (castanho), ao centro (verde) e do lado direito (azul) de um indivíduo do sexo masculino ao andar

Vamos nos próximos pontos analisar quantitativamente todos estes movimentos observados.

4.1.4- Os movimentos da pelve

4.1.4.1- Movimentos laterais

Para manter o equilíbrio durante a passada, cada indivíduo necessita de executar um desvio lateral da pelve (bacia), formação endosquelética constituída pelos ossos coxais e pelo sacro. Ao retirar o pé do solo, o indivíduo deve deslocar a sua pelve lateralmente, de forma a levar a projeção do CG no solo, para cima do calcanhar do pé de apoio (figura 17). Esse desvio, normalmente ignorado, foi assinalado pela primeira vez por Marey em 1878 (Viel, 2001), notando que estas oscilações horizontais passam muitas vezes despercebidas, pois são duas vezes menos frequentes do que as que acontecem no sentido vertical.

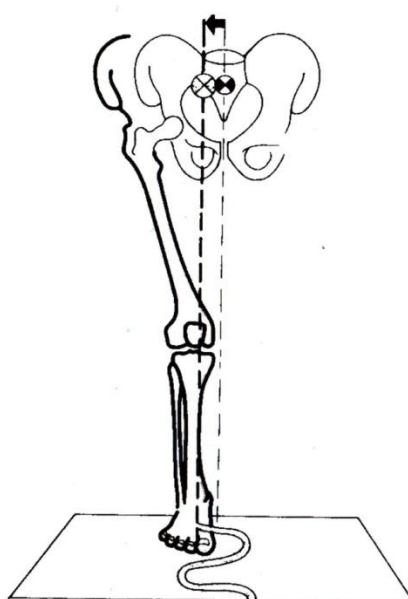


Fig. 17- Desvio lateral pélvico (Viel, 2001)

Para realçar a importância desta movimentação lateral da pelve, Marey mostrou que se um indivíduo se encontrar entre duas barras paralelas colocadas ao nível da pelve e quase lhe tocando, ele não pode deslocar a pelve lateralmente, tendo grande dificuldade para retirar o pé do chão.

Na tabela 16 são apresentados os resultados medidos e os valores médios da variação da amplitude lateral em cada passo para rapazes e raparigas.

Desvio lateral da pelve na locomoção $\pm 0,06$ / cm	
Raparigas	Rapazes
Média: 3,05	Média: 4,31

Em comparação com valores tabelados encontrados em literatura especializada (Dodd *et al*, 1998) *in* (Viel, 2001), vemos que os valores dos rapazes estão dentro dos valores normais para os homens.

As raparigas tiveram um valor surpreendentemente baixo de deslocamento pélvico lateral, ainda mais quando na literatura (Dodd *et al*, 1998) *in* (Viel, 2001), é referido que o desvio lateral nas mulheres costuma ser maior que nos homens. Após ratificar os valores obtidos, foi necessário encontrar uma explicação para esta aparente anormalidade quando comparada com os valores de outras investigações. Posteriormente a uma análise atenta dos vídeos, surgiu uma hipótese de explicação que tem por base as etapas do desenvolvimento corporal que se está a processar nos envolvidos. Numa mulher, quando entra na idade adulta, a pélvis tende a alargar mais, por razões de fisionomia ligadas à reprodução, com implicações na posição do CG, sendo essa alteração normalmente maior do que nos homens, o que leva a que as mulheres tenham em proporção uma pélvis mais larga. Como as raparigas intervenientes na experiência, eram bastante jovens, cerca de 17 anos, essas alterações ainda não se tinham processado de forma muito evidente. Aliás, em média os rapazes tinham uma pélvis mais larga. Esses factos devem explicar esta aparente discrepância. Provavelmente um estudo com esta mesma amostra de indivíduos no futuro, após maturação e alterações corporais, já levaria a resultados mais de acordo com a literatura.

Como é sabido existem várias articulações na junção dos elementos do sistema locomotor. A angulação entre esses elementos e a rotação deles nas articulações, vai permitir, por um lado, diminuir a amplitude dos movimentos, tanto lateral, como vertical da pelve e por outro, aumentar o tamanho do passo.

O fémur, com um valor de obliquidade compreendido entre 4° e 12° na vertical (fig. 18), vem posicionar-se abaixo da pelve para aproximar o pé do centro do corpo, reduzindo o desvio lateral da pelve. Sem a orientação angular do membro inferior, a marcha seria menos eficaz e mais difícil, apresentando movimentos laterais de grande amplitude (“andar de pato”).

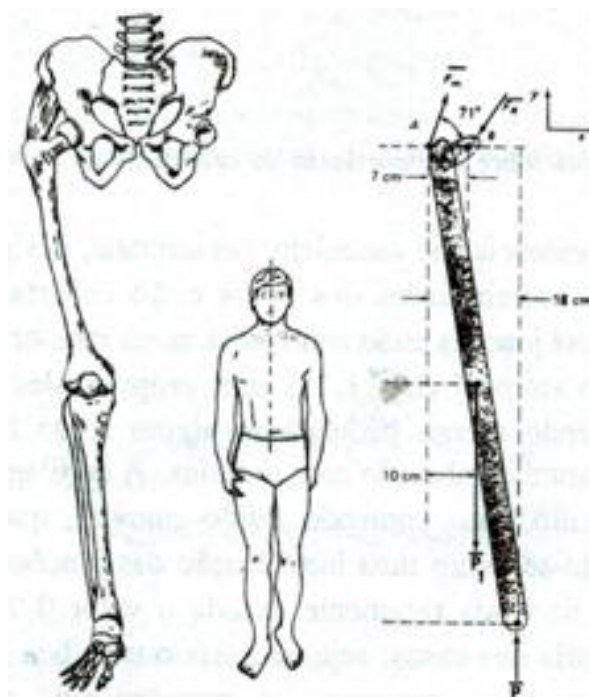


Fig. 18- Orientação dos ossos dos membros inferiores humanos (Salgueiro & Ferreira, 1991)

A orientação do fémur e o desvio da tibia permitem posicionar o pé diretamente sob a pelve, e não sob a articulação do quadril. Assim, o ângulo entre o fémur e a tibia será mais acentuado quanto mais larga for a pelve. O comprimento do fémur, também é relevante, já que quanto mais curto for, maior terá que ser a sua inclinação para indivíduos com largura de pelve igual.

4.1.4.2- Movimentos verticais

No gráfico 2 pode ser observada uma amplitude dos movimentos verticais muito pequena, muito menor do que o esperado. Mas olhando para a fisionomia de todo o aparelho locomotor podemos compreender este resultado. A marcha não é uma ação desenvolvida somente pelos dois membros inferiores, mas sim pela interação num complexo movimento coordenado dos dois membros inferiores, da pelve e das respetivas articulações e ligações.

A articulação do joelho é muito importante. Quando o calcanhar toca no solo, a articulação do joelho encontra-se na extensão máxima do ciclo de marcha. Essa extensão máxima varia ligeiramente de indivíduo para indivíduo, desde extensão completa, até uma flexão em redor de 15° a 20°. Uma ligeira flexão permite que o membro inferior permaneça flexível e participe do mecanismo geral da dissipação das forças nas articulações e nos músculos. Essa flexão do joelho, é especialmente importante porque evita a recuperação brusca do CG.

Se um sujeito andasse com os joelhos completamente rígidos, a pelve teria uma amplitude vertical de movimento de cerca de 7,5 cm a cada passo.

Os principais fatores de atenuação do movimento vertical da pelve de amplitude A , são mostrados na figura 19, correspondendo a:

1. A rotação da pelve em torno do eixo zz , que permite alongar o passo e diminuir a amplitude em 10 mm;
2. O abaixamento controlado da pelve do lado oscilante, que diminui a amplitude em 6 mm;
3. A flexão do joelho durante o apoio num único pé, que diminui a amplitude em 11 mm.

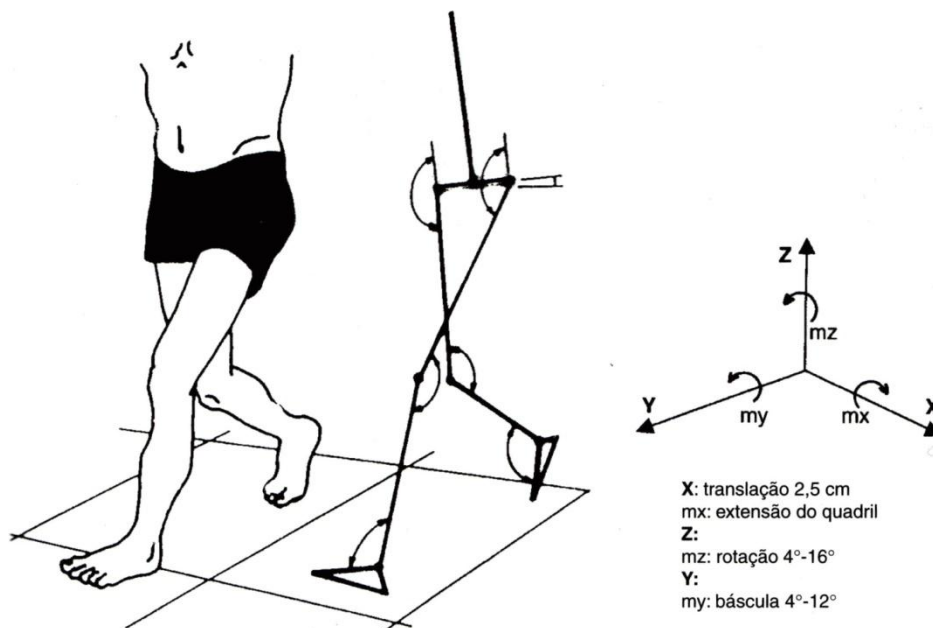


Fig. 19- Movimentos simultâneos dos membros inferiores na atividade de andar (Viel, 2001)

Além dos autores citados, Gross (2000) *in* (Viel, 2001), também identificou mais alguns elementos da marcha que reduzem o deslocamento vertical do corpo:

1. Inclinação pélvica $\approx 5^\circ$ do lado oscilante;
2. Flexão plantar $\approx 15^\circ$ na fase de posição inicial;
3. Flexão plantar $\approx 20^\circ$ na fase de posição tardia;
4. Extensão do quadril

Estes inúmeros movimentos do esqueleto pretendem atenuar os movimentos verticais do CG, com o intuito de fazer descrever uma curva sinusoidal o mais plana possível, de forma a permitir passos maiores e conseguindo uma maior estabilidade do CG, não havendo lugar a tantas alterações da sua localização relativa, aumentando o equilíbrio.

4.1.4.3- Movimentos semi-rotatórios

Quanto às semi-rotações do tronco, que acompanham o movimento, estas não podem ser medidas quantitativamente através deste *software*, apenas pode ser feita uma análise qualitativa

onde se observa uma maior amplitude de rotação nas raparigas. Essa rotação deverá compensar a posição e desenvolvimento do osso do sacro, maior no sexo feminino do que no masculino.

4.1.5- Alterações à marcha normal

Para um indivíduo caminhar com o que é considerado um padrão de locomoção normal, todos os elementos e as suas funções devem estar dentro da gama dos valores habituais a si associados. Por vezes, devido a malformações congénitas, ferimentos ou doença degenerativa, parte dos elementos do sistema locomotor podem ficar fora desse padrão deixando de operar normalmente, o que inevitavelmente vai obrigar a, em maior ou menor grau, uma alteração à marcha normal.

De acordo com Voss (1987), uma pessoa atingida por uma doença ou lesão pode ver-se obrigada a alterar seu padrão normal de marcha para compensar as deficiências presentes. E pode ainda necessitar de suportes de vários tipos. As combinações de movimentos que essa pessoa passará a utilizar vão ser influenciadas pela condição patológica que a deficiência provocou e pelo tipo de suporte de que ela necessita.

Decidimos filmar e analisar uma pessoa a coxear para verificar se há alterações significativas no seu padrão gráfico de locomoção, em comparação com indivíduos normais (gráfico 4):

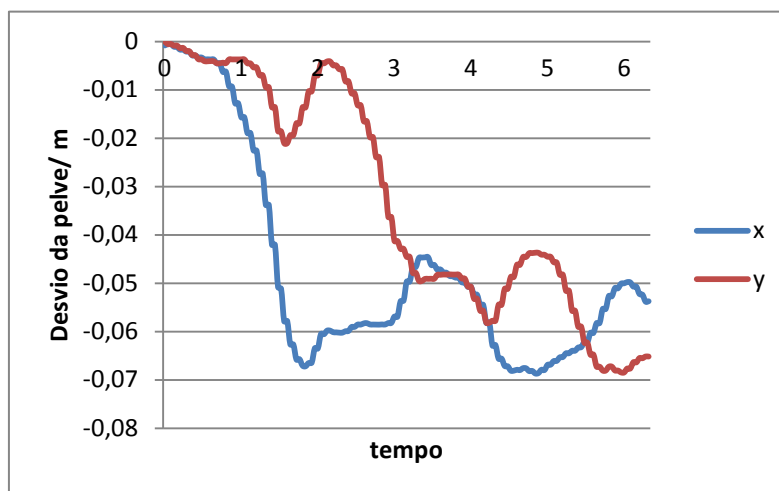


Gráfico 4- Registo da locomoção com lesão na perna direita- Linha azul X)- desvio lateral; linha castanha Y)- desvio vertical

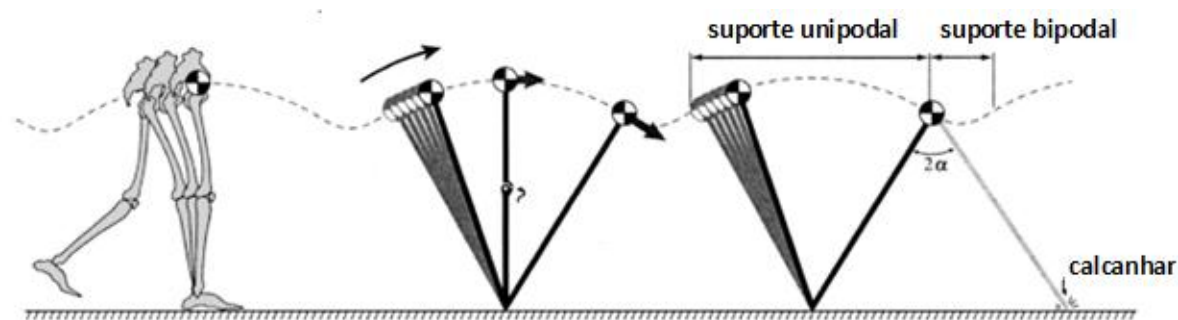
Verificou-se que neste caso a variação do movimento lateral pélvico registada durante cada passo foi de cerca de 7 cm, bastante maior do que no caso de um indivíduo são (cerca do dobro). Pela análise das imagens também se verificou que a pelve do sujeito tendeu a movimentar-se no sentido oposto ao do pé coxo, e com inclinação total da parte superior do corpo para o lado do pé coxo. Isto veio demonstrar que num padrão anormal, os desvios da pelve tendem a amplificar-se e o sistema nervoso tende a usar a inclinação do resto do corpo para controlar essa maior oscilação, mantendo o CG sobre a área de sustentação.

Quando as alterações ocorridas nalguns membros do sistema locomotor se vão dando de forma lenta, o corpo vai corrigindo sucessivamente essas alterações e os indivíduos nem notam que começam a ter problemas. Assim pensamos que pela simples filmagem e análise do padrão de locomoção de uma pessoa, podemos ter uma ideia sobre se ela terá algum problema associado ao seu sistema locomotor ou se está tudo bem. Aqui fica uma pista para uma investigação e desenvolvimento futuro deste tema por alunos em projetos a nível universitário. Outra investigação que alguns alunos pensaram poder realizar num futuro próximo é utilizar o padrão de locomoção de cada pessoa como uma “assinatura biométrica”. Sabemos que existem muitas variações da marcha, de uma pessoa para outra, sendo fácil reconhecer algumas pelas suas passadas, a partir do ritmo e da suavidade ou forças destas (Viel, 2001). Assim uma análise vídeo das passadas, associada a um sistema automático de aquisição e tratamento de dados (a desenvolver), poderia ser usado para diagnóstico e despiste de problemas médicos ou então para o sistema biométrico de identificação.

Um grupo de alunos analisou as filmagens de caminhadas com o *Tracker*, verificou o padrão de locomoção dos envolvidos, discutiu este padrão com os mesmos e antecipou aplicações futuras a nível médico para um sistema de aquisição deste género e com base nisto desenvolveu um projeto que foi aprovado para participação na Mostra Nacional de Ciência 2012 do Concurso para Jovens Cientistas e Investigadores.

4.1.6- Movimento pendular no ciclo de marcha

Como vem sendo referido, andar é levantar um pé e projetá-lo adiante. Nesse movimento, enquanto um pé serve de apoio, garantindo o equilíbrio e o suporte do peso do corpo, o outro



membro oscila, ação que permite o deslocamento no espaço. Se analisarmos esse movimento com mais detalhe através da análise de uma filmagem (experiência anexo b3), poderemos perceber que cada passo pode ser descrito como se se tratasse do movimento de um pêndulo invertido com origem no tornozelo do pé de apoio (figura 21):

Fig. 21- Simplificação do passo como um pêndulo simples invertido (Kuo, 2005)

Rigorosamente a perna tem articulações como é o caso do joelho, assim considera-las como pêndulos simples de comprimento l , é uma aproximação um pouco forçada, mas ainda assim visualmente semelhante no movimento produzido (Thompson, 1992). Não permitirá descrever

inteiramente a realidade, mas é uma ajuda crucial na descrição deste sistema complexo. Uma aproximação ainda mais exata seria considerar a existência de um pêndulo duplo invertido, devido á articulação do joelho, ainda que o grau de liberdade dessa articulação seja muito menor do que o de um pêndulo duplo genérico, o que introduz dificuldades de cálculo muito grandes.

A velocidade do caminhar pode ser calculada como o comprimento da passada dividido pelo tempo da passada. Por sua vez, para o membro inferior como um pêndulo, o tempo da passada deve ser metade do período de um pêndulo.

Sendo assim, a largura do passo será percorrida num intervalo de tempo correspondente a meio período ($T/2$) de um ciclo de marcha, já que cada um dos pés realiza aproximadamente meio ciclo do movimento. Considerando que a largura de um passo é d , podemos dizer que a velocidade média linear no andar (v_a), é dada por:

$$v_a = \frac{d}{\left(\frac{T}{2}\right)} \quad (8)$$

Sendo θ a amplitude angular da oscilação do pêndulo (ângulo de abertura das pernas), aplicando as equações do movimento de um pêndulo, de qualquer livro texto de Mecânica (por exemplo, Halliday *et al.*, 1993), podemos encontrar a distância da passada,

$$d = 2l \sin(\theta) , \quad (9)$$

e o período de oscilação do pendulo,

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} , \quad (10)$$

onde $\theta \approx$ constante e aproximadamente independente da altura (L) da pessoa. l , é o comprimento da perna do indivíduo e g a aceleração gravitacional. Esta equação é válida para pequenas oscilações.

De (8), (9) e (10), concluímos que

$$v_a = \frac{2}{\pi} \sin \theta \sqrt{gl} \quad (11)$$

Vejamos se as aproximações que fizemos serão válidas. Usando um valor de $\theta = 25^\circ$, $g=9,8$ m/s² e $l= 0,9$ m, obtemos em (6), um valor de $v_a = 0,89$ m/s (3,2 Km/h), um valor que parece razoável.

Outra conclusão que podemos retirar da equação 11 é que a velocidade do passo, parece ser proporcional à raiz quadrada do comprimento da perna. Pela lógica então podemos concluir que numa caminhada a velocidade é proporcional à altura da pessoa ($v_a \propto L$). Esta equação não é determinística, apenas nos diz que desde que as restantes características fisiológicas, sejam semelhantes, um indivíduo mais alto, andará facilmente mais rápido.

Uma forma prática de comprovar esta conclusão meramente ancorada na análise das expressões é pedir a vários alunos para, em momentos desfasados, darem um determinado número de voltas ao campo de jogos (ou a outro local) e no fim comparar. Numa experiência realizada numa aula de Educação Física, os dados obtidos parecem dar razão a esta conclusão.

4.1.7- A potência e a energia associadas aos movimentos

Os diferentes desportistas têm aparências corporais bastante semelhantes dentro do mesmo desporto e normalmente muito diferentes se compararmos desportos que exijam diferentes capacidades. Em grande escala tal está relacionado com a taxa temporal de dissipação de energia fisiologicamente adequada a cada caso.

O corpo humano está a uma temperatura média $T = 37\text{ }^{\circ}\text{C} = 310\text{ K}$. Normalmente esta temperatura é superior à do meio ambiente, logo há uma tendência para fluir energia do corpo para o meio ambiente. Essa taxa temporal de transferência de energia, ou seja, a potência dissipada

$$P_{diss} = \frac{dE}{dt}, \quad (12)$$

será dada pela lei de Stefan-Boltzman:

$$P_{diss} = b \times \varepsilon \times A \times (T_{corpo}^4 - T_{amb}^4), \quad (13)$$

onde $b = 5,67 \times 10^{-8} \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$ é a constante de Stefan-Boltzman, ε é a emissividade e A é a área que emite radiação.

Para um adulto humano a uma temperatura $T \cong 310\text{ K}$, podemos estimar, temperatura ambiente $T \cong 300\text{ K}$, $A \cong 1,6\text{ m}^2$ e $\varepsilon \cong 1$, pelo que a potência dissipada apenas por radiação anda à volta de 100 W . Uma vez que as roupas diminuem a área exposta e dificultam a troca de calor com o meio ambiente pelo seu poder isolante, o valor real deverá ser um pouco inferior. Contudo se pegarmos nesse valor e o multiplicarmos pelos 86400 segundos existentes num dia, chegamos ao valor de $E_{diss} = P_{diss} \times \Delta t = 100 \times 86400 = 8,6 \times 10^6 \text{ J} = 2066 \text{ kcal}$, um valor muito próximo da quantidade de energia necessária para assegurar a sobrevivência de um adulto, a energia basal (Gomes e Parteli, 2001). Sendo esta a energia perdida apenas por radiação, chegamos

à conclusão de que temos um baixo rendimento energético. Se não repusermos essa energia e não tivermos reservas, não conseguiremos manter o valor da nossa temperatura corporal e morreremos. Com este cálculo simples, também compreendemos facilmente a razão de necessitar de ingerir alimentos mais energéticos no Inverno, quando a temperatura ambiente é muito menor. A maioria das nossas necessidades energéticas são convertidas em calor.

Depois de determinarmos a potência basal, vamos determinar a potência mínima necessária para uma pessoa andar. A potência corresponde à rapidez com que o trabalho (energia) é feito. A potência instantânea pode ser definida como:

$$P = \frac{dW}{dt} , \quad (14)$$

onde W , representa o trabalho.

Resolvendo (14), também podemos escrever:

$$P = F \frac{dr}{dt} = Fv , \quad (15)$$

sendo F a força necessária para a realização do trabalho.

No caso da caminhada, a força, depois do movimento começar, atendendo à aproximação que fizemos ao movimento pendular, será essencialmente a \vec{F}_g . Por simples análise dimensional, conseguimos perceber que a potência pode ser calculada a partir da multiplicação do valor da força pelo valor da velocidade.

Sabendo que as pernas de um adulto correspondem a cerca de 35% do seu peso total (Hall, 2000). Podemos determinar a potência necessária para um indivíduo se deslocar. Para um indivíduo de 80 kg e estabelecendo uma velocidade de caminhada de 4 km/h (1,1 m/s), podemos determinar $P=784 \times 0,35 \times 1,1= 301 \text{ W}$, como a potência mínima para o sujeito andar. Este valor é muito próximo da medida tabelada de 290 W (Thompson, 1992). Poderíamos diminuir a potência necessária no caso das pernas serem mais leves. Daí, que na preparação física dos corredores de alta competição tem vindo, nos últimos anos, a ser feita uma autentica reengenharia muscular do tronco e dos ligamentos perna-tronco desses atletas (Gomes e Parteli, 2001). Dando a força muscular, mas tentando retirar peso das pernas.

Quanto mais desenvolvidas forem as fibras musculares, maior será a capacidade de conseguir potências máximas (durante intervalos reduzidos), assim conseguimos explicar que atletas de provas de velocidade ou lançamentos sejam em geral muito musculosos e pelo contrário, atletas de longas distâncias como a maratona, são em geral muito franzinos. Para estes últimos atletas é necessário dosear o esforço durante um intervalo grande de tempo, não necessitando de picos de

potência, daí não necessitarem de músculos muito desenvolvidos e por outro lado, quanto menor o peso, menos energia precisam despende. A fisiologia deverá estar adaptada então ao desporto de forma a conseguir as potências necessárias.

No futebol, durante um jogo, um jogador consome cerca de 750 kcal, ou seja $3,1 \times 10^6$ J, o que equivale a cerca de 40% da energia necessária para assegurar a sobrevivência diária de cerca de $8,6 \times 10^6$ J anteriormente determinados. Essa energia corresponde a uma potência de cerca de 580 W durante o jogo. O esforço necessário durante os 90 minutos do jogo de futebol é muito grande, sendo necessário ter uma ótima preparação física para o aguentar. Contudo, o ser humano consegue dispor de potências máximas de esforço bem superiores. Pode chegar a dispor uma potência máxima de 800 W durante 1 minuto e de uma potência de 1380 W durante 10 segundos (Gomes e Parteli, 2001). Este nível de esforço será importante em provas muito rápidas tal como a corrida dos 100 metros, em provas curtas de natação ou no lançamentos ou levantamento de pesos.

4.2- A corrida

4.2.1- Andar vs correr

Andar e correr são duas ações semelhantes. Mann e Hagy (1980) mencionam "tanto a caminhada normal, como a corrida seguem o mesmo padrão básico...".

Algumas diferenças relevantes são:

1. O tempo em que os pés estão fora de contacto com o solo é bastante maior. Numa caminhada os pés estão em contacto com o chão cerca de 40% do tempo, enquanto que quando a velocidade aumenta esse intervalo vai diminuindo sucessivamente (30% para uma velocidade de 5 m/s; 20% para uma velocidade de 9 m/s);
2. O comprimento do passo passa a ser bastante maior;
3. A inclinação imprimida ao corpo passa a ser bastante mais acentuada
4. A amplitude geral do movimento das articulações do quadril, joelho, e tornozelo aumentam;
5. O movimento dos braços passa a ser muito mais evidente no auxílio ao equilíbrio.
6. O centro de gravidade diminui seu deslocamento vertical;

Atendendo a estas diferenças podemos observar com base na experiência b2 (anexo) que ao correr a posição de equilíbrio (dinâmico) é bastante mais precária. O corpo está numa situação de permanente desequilíbrio, mercê da sua inclinação. Esse desequilíbrio ainda é amplificado pelo facto de o CG baixar, o que vai diminuir o equilíbrio dinâmico. O corpo não cai pela rápida mudança da

localização da superfície de apoio a cada instante e também do uso dos braços para alterar a posição do CG no sentido de contrariar a queda (Cavanagh e Kram, 1990) *in* (Mercer *et al*, 2002).

Qual será então o momento em que deixamos de andar e passamos a correr?

A máxima velocidade que podemos andar, acima da qual necessariamente temos que mudar o padrão de movimento para o correr, pode ser entendida como a máxima velocidade que o modelo baseado num pêndulo pode executar. O tempo de apoio reduz-se à medida que ocorre um aumento da velocidade e com isto a fase de duplo apoio, característico do andar desaparece e surge uma fase de flutuação na corrida. Os picos da componente vertical da força de reação do solo, apresentaram valores que variavam com a modificação da velocidade. Durante a fase de andar há sempre pelo menos um dos pés em contacto com o solo e há momentos em que ambos os pés estão em contato com o chão. Ao passar a correr, tal fase desaparece e passa a existir uma fase em que ambos os pés estão fora do chão, a fase aérea. Lembrando que o membro inferior na fase de apoio oscila como um pêndulo invertido sem estar preso ao chão e que as forças que surgem da interação corpo humano-chão são da ordem de uma vez o peso corporal; para que o membro inferior consiga girar livremente sobre o apoio sem perder o contato com o chão, há uma velocidade tangencial limite deste pêndulo. Esta velocidade tangencial limite está associada à máxima força centrípeta que pode ser gerada para manter o movimento rotacional durante a fase de apoio e que é da ordem de uma vez o peso corporal (Viel, 2001):

$$mg \geq m \frac{v^2}{l} \rightarrow v \leq \sqrt{gl}, \quad (16)$$

onde g é a aceleração gravitacional e l o comprimento da perna (medido da articulação do quadril ao solo).

Se considerarmos, como anteriormente o comprimento do membro inferior como 0,9 m, conclui-se que a velocidade da extremidade superior do pêndulo deve ser menor ou igual a 2,97 m/s (10,6 km/h) (Duarte, 2002). Esta será então a máxima velocidade que uma pessoa conseguirá com o padrão de locomoção do andar, o que é uma boa estimativa da velocidade limite real em seres humanos. Mormente o valor determinado, uma velocidade desse valor ainda que possível é altamente ineficiente do ponto de vista energético e a maioria das pessoas devido à sua ineficiente preparação tem necessidade de começar a correr antes desse limite para aumentar a velocidade. De acordo com o gráfico 5, para velocidades dessa ordem de valores, é muito mais cómodo correr, sendo que quase todas as pessoas não conseguem continuar a andar a velocidades de 2.2 m/s ~ 7.9 km/h, nem com grande esforço.

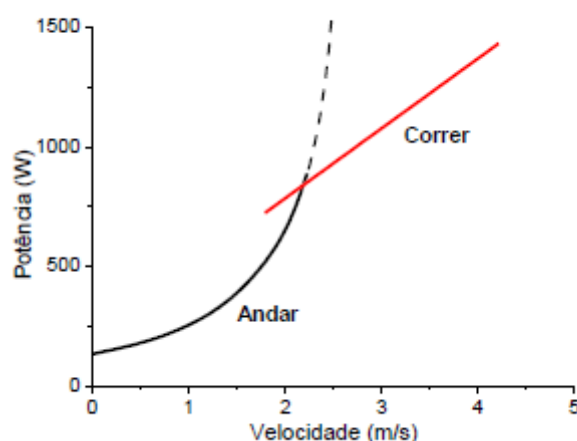


Gráfico 5- Potência metabólica consumida por homens durante andar e corrida versus velocidade. Potência calculada a partir de medidas do consumo de oxigénio. Dados de Margaria (1976) *in* (Duarte, 2002).

4.2.2- Dependência da velocidade na corrida em função da altura do corredor

No ponto 4.1.6 concluímos e verificamos que a velocidade de um indivíduo na caminhada escala linearmente com a raiz quadrada da sua altura. Será que isso se verifica na corrida?

Para responder a esta questão vamos ter uma abordagem diferente baseada na análise dimensional.

A Análise dimensional é uma extraordinária ferramenta que nos permite obter conclusões qualitativas e que raramente é mencionada ao longo do ensino secundário. Se esta ferramenta fosse mais explorada, muitos problemas relacionados com a não compreensão de algumas expressões, a dedução de expressões desconhecidas ou simplesmente a dedução das unidades associadas a uma determinada grandeza deixariam de ser problema. Com a inclusão da sugestão da análise dimensional dos problemas nas orientações programáticas de Física, a disciplina aumentaria o seu grau de sucesso com toda a certeza.

Há algumas análises dimensionais publicadas sobre as dimensões corporais do ser humano relacionadas com o tamanho dos seus ossos e implicações fisiológicas daí decorrente como é o caso da análise de Herman (2007). Esta referência poderia ser um bom ponto de partida para quem se interessasse pela área mais ligada a questões biológicas.

Voltando à análise da corrida, sabe-se, por via experimental, que em qualquer situação, seja em repouso ou movimento a potência dissipada (P) pelo ser humano é proporcional à massa do corpo (M) elevada à potência $3/4$, a chamada Lei de Kleiber (Hughes, 1979) *in* (Gomes e Parteli, 2001), ou seja:

$$P \sim M^{3/4} \quad (17)$$

A massa do corpo, por sua vez, resulta aproximadamente da soma de várias partes cilíndricas do mesmo (cabeça e pescoço, tronco, braços, pernas). Cada uma destas partes i possui um comprimento l_i e um diâmetro d_i , de tal forma que

$$M = \sum_i \left[\pi \times \left(\frac{d_i}{2} \right)^2 \times l_i \times \rho \right], \quad (18)$$

onde ρ é a densidade e l e d são os comprimentos longitudinal e transversal. Baseados em dados empíricos (McMahon, 1973) in (Gomes e Parteli, 2001), assumimos que

$$l \sim d^{2/3}, \quad (19)$$

chegando ao resultado :

$$M \sim l \times d^2 \sim d^{8/3} \quad (20)$$

Numa corrida há ação das forças musculares para acelerar a partir do arranque. A força muscular (F) é proporcional, por princípios fisiológicos ao número de fibras musculares, logo depende da área da perna, que por sua vez é linearmente proporcional ao quadrado do seu raio $(d/2)^2$ (Thompson, 1992)

$$F \sim d^2 \quad (21)$$

Consideremos um corredor de massa M que parte do repouso e atinge uma velocidade máxima ($V_{\text{máx}}$), após um certo intervalo de tempo. Podemos por análise dimensional concluir que a potência média necessária na corrida é:

$$\langle P \rangle = \langle v \rangle \cdot \langle F \rangle, \quad (22)$$

um resultado pouco evidente, mas dimensionalmente correto.

Como a velocidade média para movimentos com aceleração constante pode ser escrita como:

$$\langle v \rangle = \frac{V_{\text{máx}}}{2}, \quad (23)$$

Podemos então concluir das equações 19, 20, 21, 22, 23 que

$$V_{\text{máx}} \sim \langle v \rangle = \frac{\langle P \rangle}{\langle F \rangle} \sim \frac{[M^{3/4}]}{d^2} \sim \frac{[d^{8/3}]^{3/4}}{d^2} \sim \frac{d^2}{d^2} = d^0 \sim L^0 \quad (24)$$

ou seja, a velocidade máxima numa corrida é independentemente da altura do sujeito.

Um resultado que é em tudo diferente à conclusão encontrada para o caso do sujeito estar a fazer uma caminhada a velocidade mais moderada (4.1.6).

Evidências desta conclusão foram retiradas experimentalmente (experiência anexo b2), onde numa corrida realizada ao longo do campo de jogos por vários alunos, a ordem de chegada não teve uma relação direta com a altura de cada aluno.

Outra evidência de que esta análise dimensional, apesar de todas as aproximações efetuadas parece ter validade é o facto de que em qualquer espécie de mamíferos, ao fim de milhões de anos, se verificar uma certa variabilidade ao nível do tamanho (L) dos adultos (Thompson, 1992). Caso os maiores fossem mais rápidos na corrida provavelmente a evolução já teria filtrado geneticamente esta discrepância no sentido da maior taxa de sobrevivência do mais apto no âmbito da relação presa/predador.

4.2.3- Aceleração na corrida

Quando o atleta sai do repouso precisa acelerar até obter uma velocidade mais alta, a aceleração (a) depende da variação da velocidade durante o tempo de corrida,

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}, \quad (25)$$

Para uma aceleração constante ao longo de um intervalo de tempo, podemos escrever:

$$|a| = \frac{|\Delta v|}{\Delta t} \quad (26)$$

Também podemos determinar o valor da aceleração na corrida, quando se parte do repouso, a partir do repouso com base na segunda Lei de Newton:

$$|a| = \frac{|F|}{M}, \quad (27)$$

sendo F a força muscular e M a massa do corpo.

Através, novamente, de uma análise dimensional e de acordo com as conclusões tiradas em 4.2.2, podemos escrever:

$$|a| \sim \frac{d^2}{ld^2} = l^{-1} \sim L^{-1} \quad (28)$$

Daqui depreende-se que quanto maior o tamanho do sujeito, menor será a aceleração conseguida (para parâmetros fisiológicos semelhantes). Assim, se explica, por mera análise dimensional, o facto facilmente observável em qualquer aula de Educação Física de que os alunos de estatura mais pequena consigam ser ligeiramente mais ágeis nas alterações abruptas de velocidade em atividades como as de uma mudança de direção durante um jogo de futebol ou num drible. Claro que podemos encontrar aqui outros pormenores que ajudem a aumentar essa eficácia, como seja o facto de numa mudança de sentido, haver um instante em que a velocidade é nula, sendo

favorecido o equilíbrio (estático) quando o CG está mais próximo da base (como se verifica para jogadores mais baixos).

O que acabou de ser dito, pode ser alterado e é-o nalguns casos, quando certos parâmetros fisiológicos são alterados, como é o caso de desportistas que são altos e conseguem mudanças muito rápidas de velocidade, mas que para isso desenvolveram uma musculatura e consequentemente têm uma força muscular acima da média.

Acelerações muito altas, não significam contudo velocidades altas durante muito tempo. Devido ao enorme dispêndio energético que é necessário, essa aceleração máxima dura pouco tempo, diminuindo em seguida, levando a que a velocidade média numa prova, ao fim de alguns metros possa ser maior para alguém que não consiga uma aceleração máxima tão alta.

Nas corridas mais curtas, de 100 e 200 metros, a arrancada inicial, fase de grande aceleração, ocupa uma fração apreciável da corrida (cerca de 20% do tempo total para a de 200m e 40% para a de 100 m), por isso os músculos das pernas nos atletas que se dedicam a essas modalidades têm uma preparação bem diferente do que acontece para os corredores das demais modalidades. Esse aspeto fica patente ao examinarmos as diferenças de perfil físico entre os atletas dos diversos tipos de corridas. Corredores que aspiram a uma medalha de ouro nas provas olímpicas de 100 e 200 metros devem estar preparados para uma aceleração típica de 8 ms^{-2} no primeiro segundo dessas corridas. Um cálculo elementar mostra que a potência por unidade de massa exigida desses atletas nessas arrancadas é próxima da potência humana máxima de 0,0557 CV/kg (Gomes e Parteli, 2001).

4.2.4- Corrida em curva

Em muitas situações no desporto é necessário correr em curva. A corrida em curva tem especificidades próprias que é preciso salientar. Numa experiência realizada na aula de Educação Física, os alunos tinham de correr em torno de um meco, tentando fazê-lo da forma mais rápida possível e também com o menor raio possível (figura 22).

Nesta tarefa os alunos perceberam de forma muito mais evidente do que no caso da locomoção retilínea, a importância do atrito para possibilitar esta ação. Assim, o atrito (F_a) será a força responsável pelo movimento curvilíneo, pois não há mais nenhuma força no plano horizontal. Assim será mais fácil perceber que a força centrípeta (F_c) não é na realidade nenhuma força, mas sim a força resultante no plano horizontal do movimento, sendo neste caso a própria força de atrito (equação 1). É mais fácil descrever a curva se o raio da trajetória for maior

$$F_c = F_a \leftrightarrow m \frac{v^2}{r} = \mu R_n \quad (29)$$

Pela análise dos vídeos, percebe-se que rapidamente o atrito máximo deixa de ser suficiente para permitir continuar a aumentar a velocidade em torno do centro, pelo que instintivamente os alunos começam a inclinar o próprio corpo (figura 22). Esta inclinação é conhecida e eles próprios a associam principalmente ao ciclismo e motociclismo. Pelo diagrama de forças, os alunos percebem assim ainda melhor que a força centrípeta (F_c) é mesmo a resultante das forças que estão na direção radial, tendo aumentado a resultante das forças com a ajuda de uma das componentes da reação normal (R_n), devido à inclinação.

$$F_c = F_a + R_n \cos \theta, \quad (30)$$

onde θ é o ângulo de inclinação do corpo em relação horizontal.

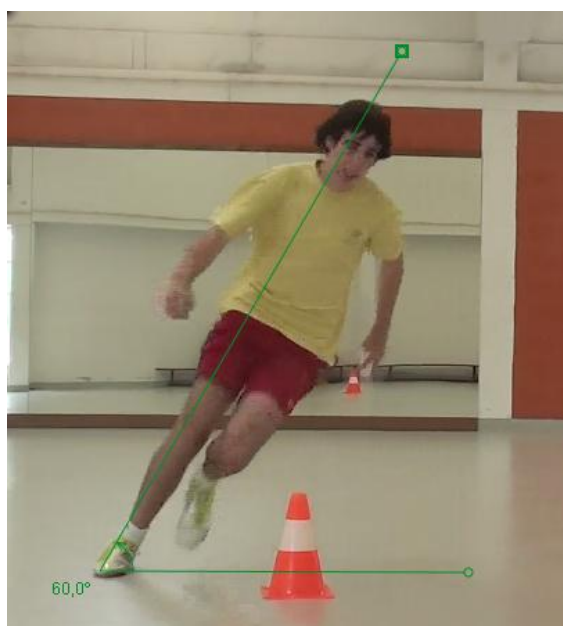


Fig. 22- Ao contornar o cone, a correr, é necessário inclinar o corpo para o conseguir fazer

4.3- O salto

O salto caracteriza-se por ter uma fase de “vôo”, sem ter nenhum pé assente na Terra muito maior do que na corrida. Há 3 tipos de salto, o salto em comprimento, o salto em altura e o salto vertical.

4.3.1- Salto em comprimento

O salto em comprimento por seres humanos pode ser modelado como o movimento de um simples projétil. Desde o momento em que o atleta deixa o solo, a única força a atuar sobre o seu corpo é apenas o peso, assim, só há aceleração na direção vertical.

Apesar das diferentes partes móveis que constituem o corpo do atleta, este sistema de partículas pode ser reduzido simplificadamente a um ponto material situado no CG (figura 23):



Fig. 23- Representação do salto vertical e variáveis do modelo (Hall, 2000)

Considerando o corpo humano como uma partícula, o alcance ($x_{máx}$) de um salto em comprimento é função da velocidade (v_0) no início do salto e do ângulo de saída (θ), assim como do valor da aceleração gravitacional:

$$x_{máx} = \frac{v_0^2}{g} \text{sen}(2\theta) \quad (31)$$

Da equação anterior, podemos determinar que o alcance do salto será máximo para um ângulo de 45° .

Considerando-se que a máxima velocidade que o ser humano consegue alcançar é da ordem de 10 m/s, chega-se a um alcance teórico máximo de salto de 10 m. Na verdade, os humanos não saltam com um ângulo de saída de 45° , mas com aproximadamente metade deste ângulo, $22,5^\circ$, por incapacidade de transformar o movimento horizontal em vertical. Para um ângulo de saída de $22,5^\circ$, pela equação acima a amplitude do salto é de 7,1 m. Considerar o corpo humano como uma partícula é uma simplificação aparentemente grosseira, mas analisar o salto como a trajetória de uma partícula explica cerca de 90% da distância total do salto. Contribuições da distância do CG em relação à tábua e a diferença da altura do centro de gravidade entre a saída e a chegada do salto são responsáveis por cerca de 5% cada uma para a distância total do salto (Hay, 1993) in (Viel, 2001).

Na experiência b4 (anexo b4), os alunos puderam verificar experimentalmente e depois analisar todas estas variáveis. O modelo teórico e os dados reais da experiência parecem coincidir de forma bastante satisfatória.

4.3.2- Salto em altura

Este tipo de salto é fenomenologicamente idêntico ao salto em comprimento. As aproximações usadas nos dois saltos são as mesmas. A grande diferença é que aqui o objetivo é atingir uma altura máxima em vez de um alcance máximo. A altura máxima ($h_{máx}$) será dada por

$$h_{máx} = \frac{(v_{0y})^2}{2g} = \frac{(v_0 \text{sen}\theta)^2}{2g} \quad (32)$$

onde v_{0y} representa a velocidade inicial no sentido vertical, v_0 a velocidade total inicial, θ o ângulo do salto em relação à horizontal e g a aceleração gravitacional.

Note-se que tal como no caso do salto em comprimento há uma grande dificuldade em transformar a velocidade horizontal da corrida em velocidade vertical. Atendendo à equação 32, a altura máxima será atingida para ângulos bastante grandes, pelo que a velocidade vertical terá aqui uma importância ainda maior, por isso os saltadores usam uma técnica de corrida no balanço onde a cada passada já estão a programar o salto vertical. No entanto não podem deixar de pensar num alcance mínimo de forma a ultrapassar a fasquia. De acordo com a equação 31, para ângulos grandes, quanto mais o ângulo aproximar de 90° , menor será o alcance. Numa corrida de barreiras, onde é importante a elevação vertical, mas também é importante que a velocidade paralela ao solo seja o mais alta possível, o atleta deverá saltar de tal forma que possa ultrapassar a barreira, mas à mínima altura possível.

Aqui, a aproximação do sistema de partículas do corpo a um ponto material ainda parece fazer bastante sentido, mas de forma a otimizar o salto com uma altura máxima e consequente alcance mínimo, deverá haver movimentação de todos os membros no controle de levar o CG na melhor trajetória possível.

4.3.3- Salto vertical

Num salto vertical a pés juntos, tal como em qualquer salto o objetivo será elevar o CG acima da posição normal relaxada. Instintivamente todos os alunos sabem que para dar um salto vertical devem fletir os joelhos ligeiramente imediatamente antes do salto.

Realizando a experiência b4-2 (anexo b4-2), os alunos verificam o que já sabiam de forma prática, quando não fletem os joelhos antes de executar o salto, apesar de partirem com o CG de uma altura superior, a altura máxima ($y_{máx}$) atingida é pouco expressiva.

Essa altura poderá ser determinada por:

$$y_{máx} = y_0 + v_{0y}t - \frac{1}{2}gt^2, \quad (33)$$

onde y_0 representa a altura inicial do CG, v_{0y} representa a velocidade inicial do salto, t representa o tempo de salto e g representa a aceleração gravitacional.

Para haver salto terá de haver uma velocidade ascendente inicial (v_{0y}), e para haver uma velocidade partindo do repouso, então terá de haver primeiro uma força resultante que provoque uma aceleração.

Essa força inicial será a força muscular, mas para provocar uma aceleração terá de atuar durante algum tempo. Essa força muscular na realidade não atua no sentido ascendente, mas sim no descendente, sendo a reação normal do plano, o seu par ação-reação (3ª lei de Newton), que provoca na realidade a elevação. Assim essa força só atua no intervalo de tempo em que os pés estiverem em contacto com o solo. Daí que enquanto se esticam as pernas, há uma aceleração que

provoca um aumento de velocidade, no exato momento em que ultrapassa a altura do CG com as pernas esticadas, essa força deixa de atuar, pelo que é nesse momento que é atingida a v_{oy} máxima. No caso de o aluno não fletir as pernas, basicamente não há tempo de atuar nenhuma força que provoque essa v_{oy} , praticamente só atuará enquanto se esticam os pés até à ponta dos dedos, pelo que a altura máxima atingida será diminuta.

Uma análise energética deste problema permite explicar melhor este salto.

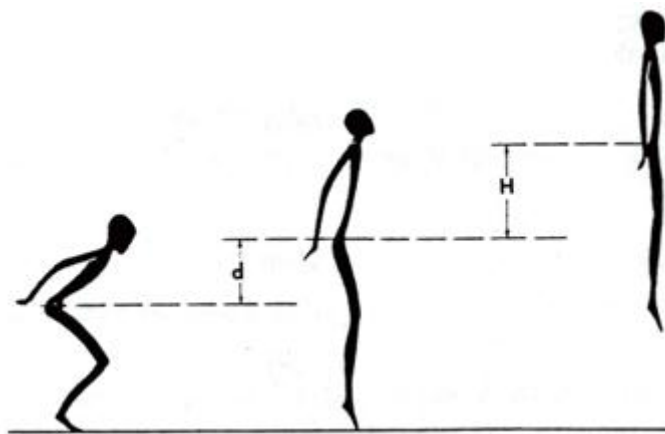


Fig. 24- Salto vertical (Salgueiro e Ferreira, 1991)

O atleta retrai as pernas de forma a baixar o seu CG de uma altura d (figura 24). Ao iniciar o salto, uma força muscular F age ao longo dessa mesma distância (na realidade é a R_n - o seu par ação-reação) e produz um trabalho (W)

$$W = F \times d \times \cos(\alpha) \quad (34)$$

onde α é o ângulo entre o sentido da força e do deslocamento enquanto essa força atua, neste caso 0° . Assim, pela conservação da energia mecânica durante o salto, já que não há forças externas (resistência do ar desprezável), atingir-se-á uma altura H acima desse ponto no momento em que a velocidade vertical chegar a zero, iniciando-se imediatamente a descida.

$$H = \frac{1/2 v_{0y}^2}{g} + y_{CG} \quad (35)$$

onde, o y_{CG} corresponde à altura do CG quando ainda está em posição normal relaxada.

De forma a incrementar ainda mais o salto, os atletas quando deixam o solo, encolhem também as pernas, isso ajuda a mudar de forma “artificial” a localização do CG do corpo, elevando-o por redistribuição da localização relativa dos diferentes pontos de massa do sistema, o que facilita o salto. A necessidade energética de um salto é tão grande, que ninguém é capaz de efetuar dois bons saltos em instantes consecutivos.

4.3.4- Lesões de impacto nos saltos

Na queda, ao tocar de novo no solo, consegue-se um amortecimento do impacto fletindo ligeiramente pernas. Este trata-se de um movimento fisicamente necessário, pois pela 1ª lei de Newton, é necessário exercer uma força contrária ao peso para parar o movimento e convém que essa força atue durante um período de tempo não nulo, para que o choque não seja muito violento e possa provocar lesões.

Algumas dessas lesões poderão ser a rotura de ossos. O osso humano mais vulnerável numa queda vertical é a tíbia, a qual possui uma área transversal, num adulto, de cerca $A=3 \text{ cm}^2$ na sua zona mais estreita. Sendo o módulo de rotura da tíbia para choques verticais $R = 1,7 \times 10^8 \text{ N/m}^2$, ela tenderá a fraturar-se quando submetida a forças maiores que 51000 N. Se aterrar a pés juntos, então suportaria o dobro, uma força de 10^5 N . Este é um valor bastante elevado, mas pela segunda lei de Newton:

$$F_{\text{impacto}} = \frac{m \cdot \Delta v}{\Delta t}, \quad (36)$$

vemos que podemos diminuir ainda mais essa força de impacto se a diminuição da velocidade se der ao longo do maior intervalo de tempo possível.

Aparentemente as quebras de ossos serão muito difíceis de acontecer, mas para quedas verticais, já que a sua resistência a choques transversais é muito menor, o que aumenta o risco de quebra quando o choque com o solo não é totalmente vertical. Contudo não são só os ossos que permitem a desaceleração durante o impacto, na realidade as forças que o permitem são exercidas principalmente pelos tendões e ligamentos, os quais têm uma resistência à rotura de cerca de 1/20 (Gomes e Parteli, 2001) em relação aos ossos. Assim, para aumentar a resistência ao choque numa queda ou salto, dever-se-ão escolher terrenos moles ou usar outros equipamentos que permitam aumentar ao máximo a duração da desaceleração e essa resistência aumentará se os tendões e ligamentos forem fortalecidos ainda que devendo manter a sua elasticidade. Assim se explicam as caixas de areia nas zonas de salto em comprimento, os colchões no salto em altura ou à vara ou o calçado adequado nos saltos de barreiras.

4.4- Movimentos de bolas

4.4.1- Lançamentos

O lançamento de bolas é algo comum a muitos desportos, como o ténis e o basquetebol. No caso do basquetebol, o lançamento para o cesto é principal objetivo do jogo. Foi feita a filmagem de lançamentos livres (experiência b5) e posteriormente analisada a trajetória da bola até ao cesto. Foi encontrada uma trajetória parabólica em tudo semelhante ao que acontecia ao CG do atleta no salto em comprimento (4.3.1). O ângulo de lançamento também parece obedecer à mesma lei.

Também foi feito o lançamento de uma bola de ferro muito mais pesada, numa prova de lançamento de peso, a trajetória foi semelhante, embora a altura máxima e o alcance fossem bastante mais pequenos que no caso da bola de basquetebol.

As trajetórias observadas são consistentes com o modelo teórico elaborado a partir das leis do movimento, considerando a resistência do ar desprezável.

Alguns alunos na sua técnica de lançamento imprimiram um ligeiro movimento de rotação às bolas, mas esse movimento extra não pareceu afetar o movimento da trajetória de translação das mesmas.

4.4.2- Disparo a partir de um lançador

Na escola, no Desporto Escolar há a modalidade de tiro com arco, contudo por razões de segurança substituímos o arco e flecha por uma pistola lançadora de bolas por meio de um sistema de compressão de ar. Foi feita a experiência (experiência b6-anexo B) e aparentemente a trajetória descrita pela bola, tanto num lançamento horizontal somente com uma componente de velocidade horizontal ($v_0=v_{0x}$), como num lançamento oblíquo com uma velocidade inicial com duas componentes, aparentemente o gráfico da trajetória parecia indicar uma trajetória parabólica. Contudo na modelação e comparação com o modelo teórico verificou-se que não coincidiam exatamente e a trajetória do movimento real não era verdadeiramente parabólica. Calculada a aceleração real do movimento verificou-se que neste movimento apareceu uma aceleração (negativa) na componente horizontal e mesmo a aceleração vertical era ligeiramente menor que o valor da aceleração gravitacional.

Atendendo a estes resultados só poderiam haver aqui forças extra que alteraram as forças resultantes. A bola usada no lançador é uma bola de esponja muito leve. A conclusão a que se chegou para a alteração do valor da aceleração nos dois eixos coordenados é que terá havido influência de uma força resistência do ar não desprezável. Essa resistência poderá ter sido ampliada pelo facto de a experiência ter sido feita no campo de jogos no exterior num dia em que fazia algum vento de frente.

Os alunos já trataram de movimentos com resistência do ar não desprezável, mas não faz parte dos programas de Física a nível secundário a sua determinação numérica. Contudo, estes tiveram curiosidade em fazê-lo. A equação que o permite fazer pode ser encontrada em livros de mecânica (Alonso e Finn, 1995) e é:

$$F_{ar} = \frac{1}{2} \rho C_x A v^2, \quad (37)$$

onde F_{ar} é a força de resistência do ar, ρ é a densidade do ar, C_x é um coeficiente de penetração aerodinâmica que se relaciona com a forma do objeto, A é a área da secção transversal do objeto e v a velocidade do objeto.

Não temos dados para determinar a densidade exata do ar naquele dia, assim como o coeficiente de penetração, contudo a partir do valor da aceleração do movimento obtido no *Tracker*, nos dois eixos coordenados, pode ser obtido o valor da força de resistência do ar.

4.4.3- Queda de bolas do tampo de uma mesa

A experiência relatada em 4.4.2 foi bastante produtiva, mas deu a impressão de que alguns alunos não a interpretaram corretamente ficando com a ideia que o facto da bola ser de esponja muito leve foi o que retardou a queda vertical da mesma. A partir da equação paramétrica do movimento na direção vertical, podemos obter o tempo de queda que considerando nula a velocidade inicial e a posição final poderá ser encontrado pela seguinte expressão:

$$t_{queda} = \sqrt{\frac{2y_0}{g}} , \quad (38)$$

onde y_0 corresponde ao valor da altura inicial e g a aceleração gravitacional.

Teoricamente esse tempo não parece depender da massa do corpo. Esta equação não teve em linha de conta a resistência do ar na diminuição do valor da aceleração, mas, observando a equação 37, verifica-se que o valor da massa do objecto também não é importante nessa análise mais completa.

Para averiguar a veracidade prática da conclusão da não influência da massa da bola e descartar a existência de outras variáveis, realizou-se a experiência b7- anexo B. Nessa experiência colocaram-se 3 bolas de diâmetro semelhante, mas de massas diferentes, uma era a bola de esponja, outra era de borracha compacta (a mais pesada) e a terceira era de esferovite (a mais leve). Colocaram-se alinhadas numa mesa na sala de aula, sem correntes de ar e empurraram-se com um toque conjunto com uma régua. Foi gravado um vídeo e analisado com auxílio do *Tracker*, as três bolas chegaram ao chão no mesmo instante. Esta experiência foi conclusiva quanto à influência da massa dos objetos na rapidez da sua queda e permitiu perceber melhor a experiência anterior.

4.4.4- Ressalto da bola no chão

A análise do movimento de ressalto de uma bola no chão, seja ressalto normal, derivado da queda da bola após um remate ou um lançamento, seja em ressalto forçado em drible, surgiu no seguimento da análise do calçado e da especialização do mesmo conforme os desportos. Efetivamente, o ressalto das bolas dá-se devido à elasticidade das mesmas e o calçado também deverá ter características elásticas para ajudar a amortecer os impactos do pé sobre o solo.

O corpo humano é uma estrutura muito complexa, onde vários sistemas concorrem para o mesmo fim. No caso do amortecimento dos movimentos ao tocar no solo, para evitar roturas, atuam vários músculos, o esqueleto fibroso (aponeuroses e tendões) e também a gordura situada sob o calcanhar. Essa gordura é muito importante para ajudar a dissipar a energia, diminuindo o impacto sobre os ossos do pé e restantes estruturas a si ligadas (Viel, 2001). O uso de calçado com palmilhas adequadas vem auxiliar este processo, principalmente quando as solicitações aumentam devido ao aumento de velocidade, quedas de alturas mais altas ou mesmo ajudar a que a área de impacto seja sempre maior, mesmo que pisemos sobre superfícies menos lisas, diminuindo a pressão nas zonas da planta do pé. Não tendo condições de medir estas grandezas, decidiu-se encontrar outro contexto onde pudessem ser medidas as propriedades elásticas e amortecimento. A escolha recaiu sobre o estudo dos ressaltos sucessivos de uma bola quando caía por exemplo de um cesto de basquetebol ou mesmo os ressaltos forçados num drible.

Este estudo não foi novo para os alunos, pois no 10º ano já tinham efetuado uma atividade laboratorial intitulada “Bola saltitona”, que faz parte do programa de FQA. No entanto a abordagem foi diferente, já que se procedeu à filmagem e análise das mesmas com o *Tracker*, enquanto no 10º ano tinham usado um sensor de movimento. Com o sensor de movimento, a realização da atividade é muito más difícil, pois qualquer desvio da bola ao ressaltar no chão, a retira do ângulo de alcance muito limitado do mesmo.

Com esta atividade foi possível determinar o coeficiente de restituição (razão entre o módulo da velocidade após a colisão e o módulo da velocidade antes da colisão), na colisão da bola com o solo. Esse coeficiente depende da elasticidade dos corpos em contacto (bola e solo). Pode ser determinado pela razão entre as velocidades imediatamente após e imediatamente antes com o choque no solo (em qualquer um dos choques), pela expressão:

$$e = \frac{v_{\text{após o choque}}}{v_{\text{antes do choque}}}, \quad (39)$$

Com uma análise física simples podem determinar o mesmo coeficiente a partir da altura que a bola atinge após o ressalto e da altura de queda antes desse mesmo ressalto, através da expressão:

$$e = \sqrt{\frac{h_{\text{ressalto}}}{h_{\text{queda}}}} \quad (40)$$

Nos gráficos 6 e 7 podem ser observada a altura atingida pela bola a cada ressalto, em função do tempo, e a forma como a sua velocidade varia linearmente entre os mesmos.

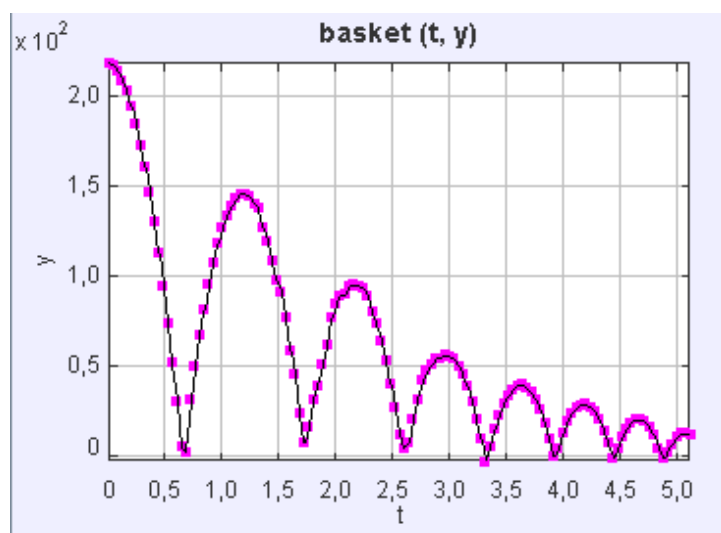


Gráfico 6- Altura de ressaltos sucessivos de uma bola de basquetebol

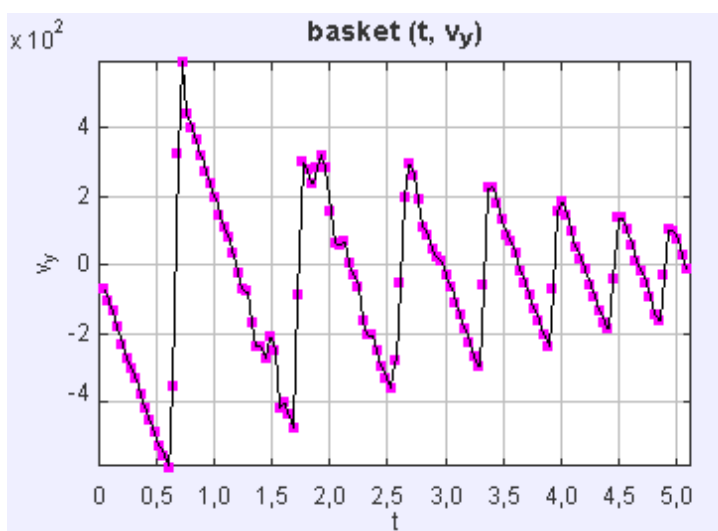


Gráfico 7- velocidade da bola durante os ressaltos

Com o uso do *Tracker* na análise e tratamento dos resultados pode-se fazer uma abordagem muito completa ao problema, pois pode determinar-se a velocidade e medir a altura exata em cada ponto da trajetória. Podemos de forma muito prática e rápida verificar os gráficos da posição e da velocidade da bola em função do tempo e analisar instante a instante, ou intervalo a intervalo a conservação da energia mecânica ou a dissipação da mesma.

Filmando uma bola a ressaltar no chão e a ser empurrada para baixo com a mão com uma palmada a cada ressalto, tal como acontece quando um aluno faz um drible no basquetebol ou no andebol, também pode ser feita uma análise energética interessante. Verifica-se que a força que atuou no momento da palmada não continua a atuar na descida da bola até ao solo, tal como muitos alunos pensam. Nos gráficos 8 e 9 pode notar-se que a força executada pela mão sobre a bola, compensa a energia que vai perdendo no ressalto. Contudo a velocidade não parece variar de

forma diferente entre cada ressalto por comparação ao que acontecia no caso do movimento livre não forçado.

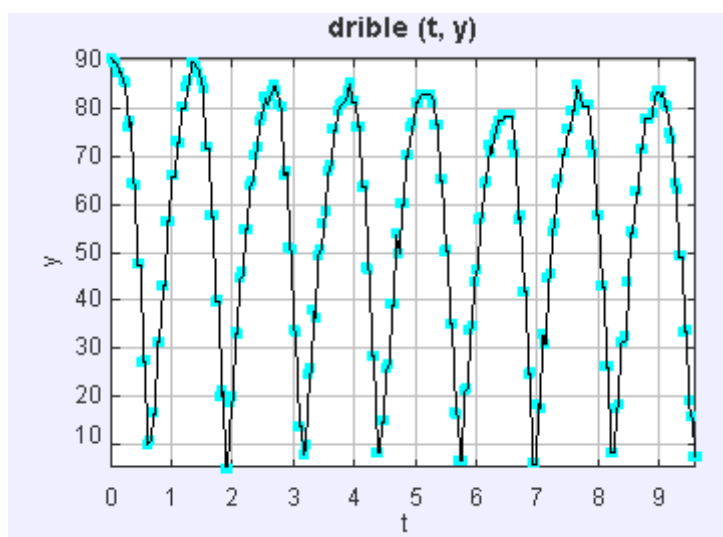


Gráfico 8- Altura ao longo do tempo de uma bola sujeita a um ressalto forçado (drible)

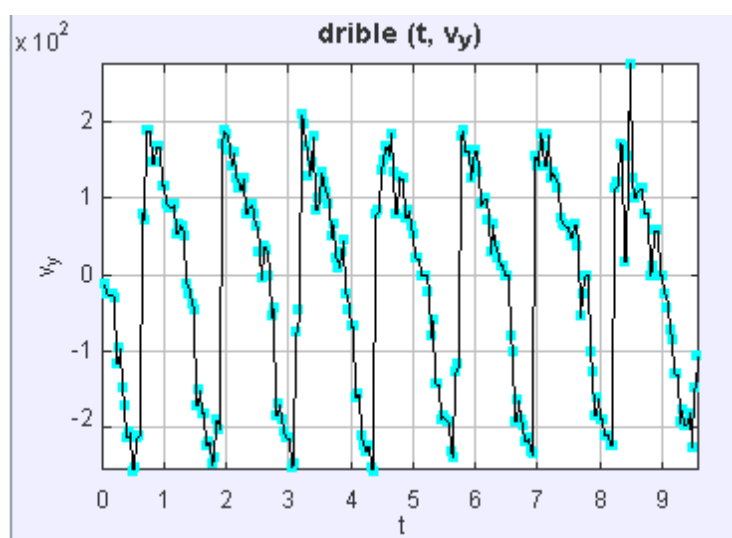


Gráfico 9- velocidade ao longo do tempo da bola sujeita a ressalto forçado (drible)

4.4.5- Remate de uma bola de futebol

O desporto de eleição da turma é o futebol, alguns rapazes são jogadores de equipas de futebol, outros de futsal e há mesmo duas raparigas também jogadoras de futsal. Filmaram então alguns remates em frente a uma baliza. Em remates normais, a trajetória é semelhante à da bola de basquetebol. Mas, eles sabem muito bem que podemos contornar obstáculos, como por exemplo o guarda-redes se fizerem o remate com “efeito”.

Apesar de ser difícil de estudar com ajuda do *Tracker* a trajetória da bola chutada com “efeito”, o tal efeito extra permite ver que há uma mudança de direção no plano vertical a que se juntou outra mudança no plano que define a profundidade da imagem (daí a dificuldade de análise).

O efeito parece notar-se quando a bola é chutada ligeiramente de lado e lhe é provocada uma rotação. Assim sendo essa mudança de direção terá a ver com essa rotação imprimida à bola. Mas pela primeira Lei de Newton, para haver uma mudança de direção, então terá de haver uma resultante de forças não nula. Aparentemente durante a trajetória aérea a única força a atuar é a força gravitacional e essa atua quer a bola seja chutada em rotação quer não o seja. Por isso deverá haver uma outra força e essa força deverá estar relacionada com o ar por onde a bola se desloca. Efetivamente quando a bola é chutada ela vai atravessar uma massa de ar durante a sua trajetória, se ela for em rotação no sentido anti-horário como na figura 25 e o movimento esteja a dar-se no sentido indicado, então vai haver uma zona onde a rotação da bola vai ter um sentido contrário ao do ar que passa por ela, pelo que vai diminuir a velocidade de passagem do ar por esse lado. No lado diametralmente oposto, a rotação da bola vai ter o mesmo sentido que o do ar, pelo que esse ar vai ser acelerado, aumentando a sua velocidade. Pelo Princípio de Bernoulli, sabemos que num fluído quando a velocidade aumenta, a pressão que exerce diminui. Assim criam-se pressões diferentes em lados diferentes da bola, pelo que vai surgir uma força que empurra a bola da zona de maior pressão para a zona de menor pressão, fazendo a bola alterar a sua direção. A este fenómeno chama-se o efeito Magnus (figura 25).

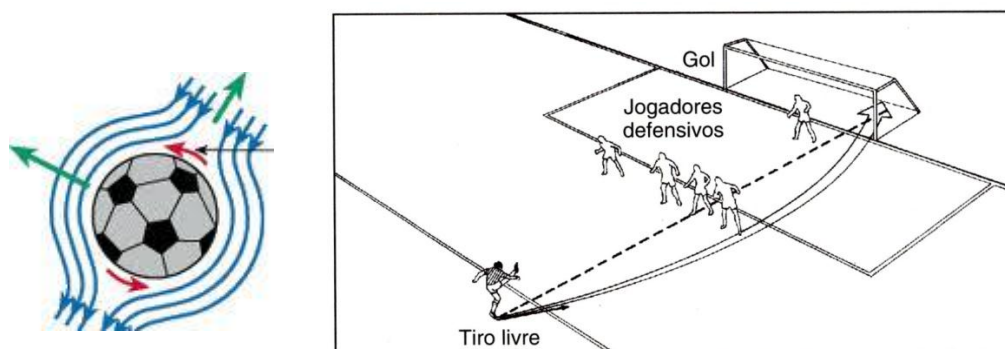


Fig. 25- Efeito Magnus numa bola, possibilita contornar objetos lateralmente.

A força de Magnus que surge pode ser escrita pela expressão (Goff e Carré, 2010)

$$\vec{F}_M = \frac{1}{2} \rho A r \vec{\omega} \times \vec{v} \quad (41)$$

onde ρ é a densidade do fluído, A a área da secção transversal da bola, r o raio da bola, $\vec{\omega}$ o vetor velocidade angular e \vec{v} o vetor velocidade linear da bola. O produto entre o vetor velocidade angular e o vetor velocidade linear é o produto externo, pelo que a força de Magnus vai atuar no eixo perpendicular às direções destes dois vetores. A rotação imprimida pode ajudar a bola a subir mais no plano vertical (sustentação) ou a desviar numa ou noutra direção no plano mais horizontal (desvio)

Os remates com “efeito”, revelam algumas das consequências mais espetaculares da força de Magnus. Na figura 26 vemos a trajetória de bolas rematadas do mesmo ponto, com a mesma

velocidade, e com diferentes rotações em torno do eixo vertical (0; 5 e 10 Hz). A bola sem rotação (0 Hz) passa bem longe do poste, as bolas com efeito vão na direção da baliza.

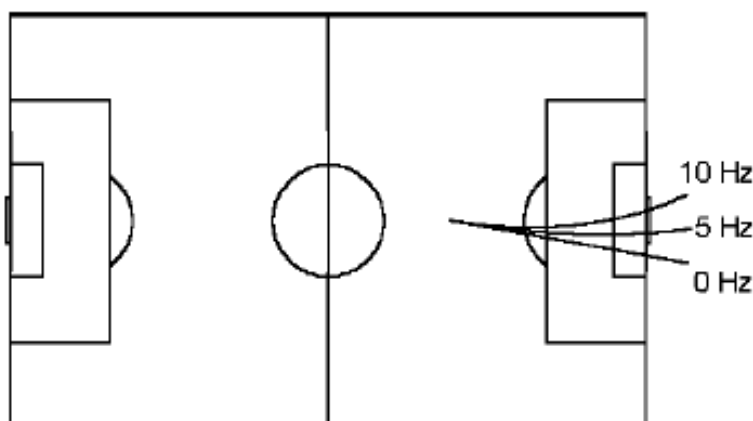


Fig. 26- Efeito Magnus em função da frequência de rotação da bola

Atendendo ao tamanho da bola e ao facto de atravessar o fluido ar, quando percorre distâncias apreciáveis, a resistência do ar pode ter um papel importante a dizer sobre a trajetória da bola. Efetivamente quando fizemos a análise de um lançamento da bola de basquetebol, a trajetória descrita pela bola pareceu indicar que a resistência do ar era desprezável, mas em remates longos, isso pode deixar de continuar a ser realista. Efetivamente, assim é, voltemos a relembrar a equação 37 que mostra as variáveis de que depende essa força.

O coeficiente de penetração aerodinâmica, não foi totalmente definido, quanto maior for esse coeficiente, maior será a resistência, ou seja maior será o “arrasto”, razão pela qual também é designado por coeficiente de arrasto. Sabemos pela análise dimensional que este coeficiente tem de ser adimensional. Outro coeficiente adimensional e relacionado com o escoamento de fluidos é o número de Reynolds (podemos entender que quando uma bola atravessa o ar, na realidade é o ar que está a escoar pela superfície da bola). O número de Reynolds é usado em mecânica dos fluidos para o cálculo do regime de escoamento de determinado fluido sobre uma superfície e mede a razão entre as forças inerciais e as forças de viscosidade que atuam no objeto que se move no fluido.

O número de Reynolds é definido como

$$Re = \frac{\rho D v}{\eta}, \quad (42)$$

onde D é o diâmetro da bola e η a viscosidade do fluido.

Valores pequenos de Re indicam um escoamento laminar e números grandes indicam um escoamento turbulento.

O gráfico 10 mostra a variação do coeficiente de arrasto para uma esfera lisa em função do número de Reynolds, determinado experimentalmente em túneis de vento (Landau, 1987) in (Aguar e Rubini, 2004).

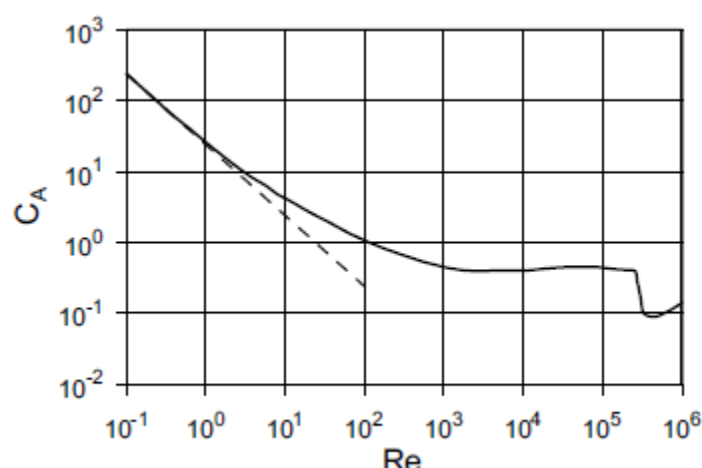


Gráfico 10- Coeficiente de arrasto de uma esfera lisa, em função do número de Reynolds

Para uma grande faixa de valores de Re , entre aproximadamente 10^3 e 10^5 , o coeficiente de arrasto é praticamente constante, mantendo-se em torno de 0,5. Consequentemente, nesta região a força de resistência do ar é proporcional ao quadrado da velocidade. O aspeto mais curioso é a queda abrupta do coeficiente de arrasto (por um fator da ordem de 5) em torno de $Re = 3 \times 10^5$. Esta redução drástica da resistência do ar é chamada de crise do arrasto.

A crise do arrasto é a redução abrupta que a resistência do ar sofre quando a velocidade da bola aumenta além de um certo limite. Esse é um fenómeno bem conhecido na dinâmica de fluidos, embora não seja tratado no ensino secundário. O seu tratamento quantitativo poderá ser evitado, mas a sua abordagem qualitativa é de grande interesse para a maioria dos alunos.

A bola de futebol tem um diâmetro $D = 22$ cm. Portanto, a relação entre a velocidade da bola e o seu número de Reynolds, para as condições habituais do ar é (Aguiar e Rubini, 2004):

$$v = 6,7 \times 10^5 \times Re \quad (43)$$

Com esta fórmula é fácil verificar que o arrasto linear só ocorre para velocidades irrisórias, bem menores que 0,1 mm/s. Ou seja, a resistência proporcional à velocidade, algo que é costume considerar, rapidamente deixa de ser verdadeiro para uma bola a mover-se no ar.

Para uma bola de futebol (suposta uma esfera lisa) a crise do arrasto ocorre em $v=20$ m/s. A região onde a resistência do ar é proporcional a v^2 corresponde a velocidades até cerca de 20 m/s.

Para números de Reynolds menores que aproximadamente 20, a camada limite envolve completamente a bola. O escoamento do ar é laminar, e o arrasto é dominado pela viscosidade. Para valores maiores de Re a camada limite separa-se da esfera na parte posterior e a separação causa uma diminuição significativa da pressão na parte de trás da esfera, e a diferença entre as pressões dianteira e traseira passa a dominar o arrasto.

A crise do arrasto ocorre quando a camada limite se torna turbulenta, pois diminui a área traseira da esfera submetida a baixas pressões, o que criava uma força contrária ao movimento.

Assim, a resistência do ar aumenta com a velocidade, para velocidades relativamente baixas. Depois mantêm-se constante para uma gama de velocidades intermédias. Mas quando a bola tem uma velocidade maior do que 20 m/s, então a resistência diminui.

Uma curiosidade é que a textura da superfície também afeta o escoamento da camada limite. Uma esfera rugosa irá sofrer a crise num número de Reynolds inferior ao de uma esfera lisa. A rugosidade precipita a turbulência na camada limite e consequentemente, diminui a resistência do ar a altas velocidades. Parece estranho que uma bola áspera ofereça menos resistência ao ar que uma lisa, mas é exatamente o que acontece. É por isso que as bolas de golfe têm buracos cavados por toda a sua superfície, essa rugosidade aumenta a turbulência, por isso diminui a resistência e elas vão mais longe.

É difícil dizer exatamente onde ocorre a crise para uma bola rugosa, pois isso depende não apenas do grau de irregularidade, mas também da sua distribuição pela superfície.

Assim, compreende-se que os jogadores de futebol, quando aparece uma bola precisam algum tempo de adaptação até dominarem bem a velocidade e colocação de remate, pois as bolas terão trajetórias distintas (mais curtas ou longas), conforme a sua rugosidade.

Assim, para dominar completamente a trajetória de uma bola, ter-se-á que entrar em linha de conta com o efeito Magnus e a resistência do ar e claro a diminuição dessa resistência em certos casos com a “crise do arrasto”.

Aguiar e Rubini (2004) fizeram o estudo de um remate famoso do jogador brasileiro Pelé no campeonato do mundo de 1970. Nesse estudo modelaram os dados das imagens e chegaram à conclusão que no remate teve de haver a influência conjunta do efeito Magnus e da “crise do arrasto” para explicar a trajetória exata seguida pela bola.

Na figura 27 está indicada a trajetória real seguida pela bola.

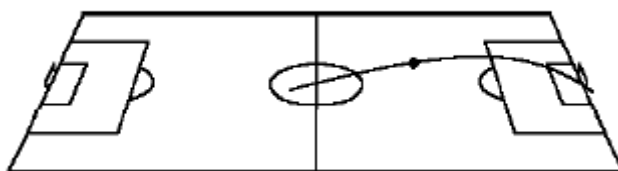


Fig. 27- Trajetória de uma bola rematada por Pelé

Na modelação elaborada, consideraram em seguida que não ocorreu a crise do arrasto, ou seja, que a resistência do ar se fez sentir sempre constante. O resultado obtido está na figura 28

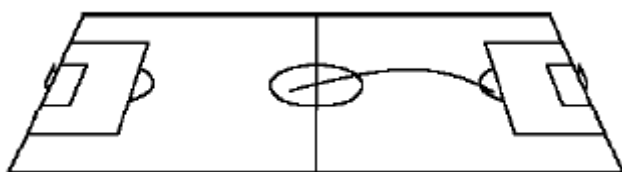


Fig. 28- Trajetória da bola sem a crise do arrasto

Concluiu-se que se a resistência do ar fosse constante ao longo da trajetória, esta nem chegaria a entrar na grande área.

Prosseguiram com a modelação e retiraram a influência do efeito Magnus, considerando que a bola foi chutada sem rotação. E chegaram a um resultado muito parecido (figura 29) ao anterior. Aparentemente a rotação imprimida, foi feita com tal direção que ajudou à sustentação da bola, ou seja a força resultante das pressões apontava no sentido vertical de baixo para cima.

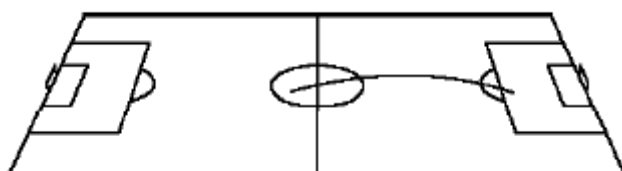


Fig. 29- Trajetória da bola sem sustentação do efeito Magnus

Assim provou-se que a jogada ocorrida só foi possível pela atuação conjunta dos dois fenómenos físicos. Uma bola de futebol em movimento no ar está sujeita a forças aerodinâmicas causadas pela pressão e viscosidade do meio. A força resultante pode ser decomposta em duas componentes: o arrasto, antiparalelo à velocidade e a sustentação, perpendicular à velocidade.

Por fim, os investigadores modelaram a hipótese de não haver resistência do ar, ou seja a aplicação simples das leis dos movimentos. Ao não haver resistência do ar, obviamente que o efeito Magnus também não se podia sentir. O resultado obtido está patente na figura 30.

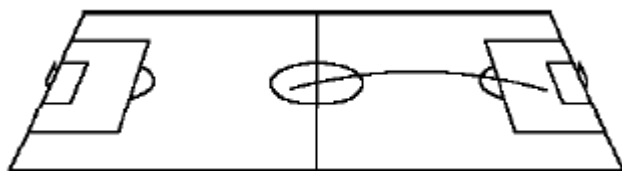


Fig. 30- Trajetória da bola no vazio

A trajetória seguida seria uma parábola perfeita, ao contrário dos outros casos, mas ela cairia antes da baliza, apesar de não haver resistência do ar. Isso, mostra mais uma vez, quão importante é a sustentação aerodinâmica criada pelo efeito Magnus.

4.5- A velocidade de remate a partir do som

O conceito de velocidade é um conceito com que lidamos todos os dias, mas na realidade muitos alunos continuam a ter muitas dúvidas sobre este conceito. Estas dúvidas aparecem principalmente quando têm de usar termos científicos e não sabem distinguir os termos velocidade instantânea, velocidade média, rapidez média, etc. Por outro lado a velocidade é essencial em quase todos os desportos, sendo preciso medir velocidades com a maior exatidão possível para aferir quem é o vencedor. O primeiro problema que se coloca é que a velocidade não pode ser medida diretamente, terá de ser medida por via indireta a partir de valores de comprimentos e de tempos.

Medir uma velocidade pode ser importante, mas normalmente pouco interessante atendendo aos métodos usados. Por isso foi introduzido um contexto motivador e gerador de interesse intrínseco, foi fácil promover uma discussão insinuando que as raparigas provavelmente teriam um remate mais forte que os rapazes. E em ciência, sempre que possível devemos provar os resultados com valores, pelo que seria necessário encontrar uma forma de medir a velocidade com que cada aluno rematava uma bola. Os alunos estavam habituados a ver em alguns jogos de futebol informação na televisão sobre a velocidade de remate nalgumas jogadas, principalmente marcação de livres diretos, mas nunca nenhum se tinha questionado como tal era feito. A hipótese que teve mais lógica foi que através da análise informática da imagem se pudessem determinar os valores de uma distância percorrida e o tempo que levava a percorrer esta distância e assim determinavam a velocidade de remate através da expressão:

$$\overrightarrow{v_m} = \frac{\overrightarrow{\Delta x}}{\Delta t}, \quad (46)$$

onde, $\overrightarrow{\Delta x}$ representa o deslocamento da bola e Δt representa o tempo que demorou a percorrer esse deslocamento. Mas isto não resolveu o assunto, pois na discussão chegou-se à conclusão de que a velocidade da bola é máxima ao sair do pé, mas, que logo a seguir começaria a diminuir devido à resistência do ar. Mesmo que não considerássemos a resistência do ar, a velocidade iria variar rapidamente no eixo vertical, quer na subida, quer na descida. Se medíssemos apenas a velocidade quase constante no eixo horizontal, tal valor estaria errado, pois a componente vertical também deveria ser tida em conta. Em seguida surgiu a ideia de medir a velocidade quando a bola percorresse um espaço muito curto e assim, diminuiríamos o erro da medição por praticamente ainda não terem atuado forças dissipativas.

Esta última ideia acabou por fazer surgir uma expressão já vista inúmeras vezes ao longo do ensino secundário, mas que muitos confessaram nunca ter percebido bem até aquela discussão, a expressão que permite medir a velocidade instantânea:

$$v_{\text{instantânea}} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t}. \quad (47)$$

Assim, deveremos tentar medir a velocidade através do deslocamento da bola, no intervalo de tempo tão pequeno como possamos medir.

Pensaram-se diferentes estratégias para medir esse deslocamento e esse tempo.

O recurso ao *Tracker* surgiu imediatamente como uma hipótese e pensou-se que nesse caso a trajetória da bola deveria ser em linha reta num plano transversal à câmara e o mais horizontal possível por causa das limitações do *Tracker* nas medições que envolvam a coordenada respeitante à profundidade. Atendendo à câmara de filmagem que costumávamos usar que filmava a uma velocidade de 25 *frame/s*, verificou-se que o intervalo de tempo menor que se podia medir era de 0,04 segundos, o que era um valor bastante pequeno. Mas o professor sugeriu que pensassem outras alternativas. De entre as alternativas sugeridas surgiram o uso de sensores e outros aparelhos eletrónicos, mas tudo equipamentos de que não dispunham na escola e que são muito dispendiosos. O professor sugeriu então uma abordagem que à primeira vista pareceu não fazer muito sentido para a maioria dos alunos, tentar medir a velocidade de remate através do som produzido. Deram-se as dicas essenciais: se gravarmos o som do remate, ouve-se um som muito intenso no instante em que o pé choca com a bola (remate), se esse remate for feito em frente a uma parede, no momento em que a bola chocar com a parede ouve-se novamente um som muito intenso. Assim, analisando essa gravação num programa de análise de som, podemos medir o tempo que demora entre o pico da amplitude sonora correspondente ao remate e ao choque com a parede (figura 31). Se a parede estiver muito próxima a velocidade média calculada será aproximadamente igual à velocidade instantânea.

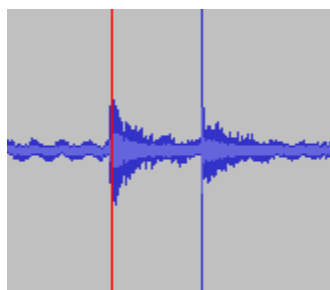


Fig. 31- Espectro sonoro captado num remate em frente a uma parede

Na discussão conseguiram-se ainda abordar temas como os tipos de ondas e diferenças entre ondas mecânicas e eletromagnéticas. Também foi deixado aos alunos para resolver a forma de anular a variável (velocidade do som), já que o som captado pelo microfone ligado a um computador portátil, só era registado no momento em que a onda sonora já tinha viajado do local do remate até esse microfone e o som do embate na parede também só era registado de forma similar. Para além de não saberem a velocidade exata do som nas condições do pavilhão, mesmo que soubessem esses cálculos auxiliares iriam aumentar a incerteza da medição. Os alunos acabaram por concluir que se o microfone estivesse a igual distância do ponto de remate e do ponto de embate, essa variável autoanulava-se (figura 32).



Fig. 32- Montagem do microfone para ligar ao computador portátil

E assim partiram para a experiência, onde experimentaram várias distâncias de remate à parede, verificaram que distâncias menores do que 5 metros davam resultados já bastante fiáveis. A conclusão a que chegaram relativamente à problemática inicial é que eram mesmo os rapazes que em média conseguiam rematar com maior velocidade

A maior velocidade de remate de todos os alunos foi de $v = 92,72 \pm 2,34$ km/h. Esta velocidade é mais do que suficiente para criar a “crise do arrasto” indicada na secção 4.4.5.

Este projeto foi apresentado na Feira de Ciências da Universidade do Minho e numa versão revista e aumentada também na Mostra Nacional de Ciências do Concurso Jovens Cientistas e Investigadores e nos dois casos foi um dos projetos que mais interesse despertou no público em geral (figura 33), gerando-se mesmo filas para rematar e calcular a respetiva velocidade de remate.



Fig. 33- Explicação e determinação da velocidade de remate dos visitantes

4.6- Outros trabalhos

Ao longo de um ano letivo muitas situações e exemplos vão surgindo que podem levar a discutir tópicos de Física. A intervenção não se limitou a seguir exclusivamente os tópicos elencados neste capítulo, também explorou os assuntos e abordagens presentes no manual dos alunos e outras situações que apareciam nas discussões geradas. Procurou-se sempre fazer a abordagem e descrição matemática dos problemas, algo essencial e incontornável.

Outros projetos com interesse pedagógico e que foram facilitadores de compreensão dos conceitos abordados, foram elaborados por alunos.

4.6.1- Hidrostática

A hidrostática é uma parte da mecânica que poderia ser objeto de análise numa aula de Educação Física de forma muito interessante com a exploração da natação e da flutuação. No entanto, uma vez que na escola da intervenção não há piscina, optou-se por fazer uma abordagem a partir de outro contexto, neste caso a exploração de dois projetos que estavam a ser elaborados por dois grupos de alunos para participar na Feira das Ciências da Universidade do Minho.

Num dos projetos foi construído um modelo de um casco de um navio soldando pedaços de metal previamente cortados. Esse modelo incluía vários compartimentos interiores que podiam ser deixados vazios ou enchidos com água ou outras substâncias. Era possível acoplar dinamómetros a esse navio para fazer medidas. Este modelo permitiu explorar vários assuntos da hidrostática, nomeadamente a impulsão e a Lei de Arquimedes, descrita por

$$I = \rho g V, \quad (44)$$

onde ρ representa a densidade do fluído, g representa a aceleração gravitacional e V o volume imerso do corpo.

Foi possível assim estudar o equilíbrio de corpos flutuantes e a Lei Fundamental da Hidrostática, que é descrita por

$$p_B = p_A + \rho g h, \quad (45)$$

onde, p_B e p_A representam respetivamente as pressões num ponto mais abaixo e noutra mais acima dentro de um mesmo fluído, e h a altura de fluído entre os pontos A e B.

Ainda no estudo da hidrostática, foram apresentados alguns resultados de uma investigação que outro grupo estava a realizar sobre os fatores que influenciavam, e de que forma o faziam, a congelação da água. Juntava-se assim a formação de um “iceberg” que tinha todo sentido no contexto do barco que foi batizado de *Titanic*.

As figuras 34 e 35 , mostram fotografias desses dois projetos.



Fig. 34- Propriedades da água- A congelação



Fig. 35- Modelo de barco de metal a flutuar

4.6.2- Lançamento de foguetões

A pedido dos alunos foi recuperado um projeto que tinha sido elaborado por alunos do ano anterior para participar no concurso FísicUM, um concurso realizado pelo Departamento de Física da Universidade do Minho e onde o objetivo era construir um sistema propulsor para fazer levantar voo um objeto e que deveria cair num raio de 5 metros do ponto de lançamento. Nesse projeto não poderiam ser usados motores. Assim foram elaborados 3 projetos diferentes:

- A- Foguete de ar comprimido e água.
- B- Uso de um elastómetro
- C- Reação química de combustão de álcool ou reação de oxidação redução muito exotérmica com formação de substâncias no estado gasoso.

Apesar de diferentes entre si, nestes projetos, foi possível analisar e estudar os seguintes conceitos: primeira Lei de Newton, segunda lei de Newton, terceira Lei de Newton, velocidade, pressão, força, momento linear, massa volúmica, aceleração, Lei de Stokes, Lei de Avogadro, Princípio de Bernoulli, Lei da continuidade, Lei de Boyle-Mariotti, Lei de Gay Lussac, Impulso e resistência do ar.

De uma forma muito simples e lúdica, mas com a obrigatoriedade de explicar tudo sob o ponto de vista científico, conseguiram-se agrupar conceitos que incluem todos os assuntos da mecânica.

4.6.3- Construção de um carrinho movido a energia solar

Este projeto surgiu num concurso promovido pela Agência de Energia do Porto, que pedia para construir um carrinho que deveria andar a energia solar. A promotora fornecia um kit que incluía apenas um pequeno motor elétrico e um painel fotovoltaico que deveriam ser utilizados na construção. No final deveria ser entregue, juntamente com o carrinho uma memória descritiva e explicativa dos passos do projeto. Este pequeno projeto revelou-se bastante interessante porque permitiu explorar vários assuntos da mecânica com o objetivo de otimizar o carro. Outro ponto forte deste projeto foi que levou a que os alunos pensassem em soluções mais ao nível da engenharia para resolver problemas de conceção e montagem do modelo criado, nomeadamente a escolha dos materiais (madeira leve, alumínio e folha de cobre) e mesmo a construção própria das peças que desenharam.

Com base nos conhecimentos foram discutidos vários problemas tais como: construção da estrutura de suporte, estabilidade do carro, largura das rodas de acordo com o tipo de terreno, diâmetro das rodas, tipo de “jantes” (furadas ou maciças), engrenagem, tração simples ou dupla tração, aerodinâmica, mobilidade do painel fotovoltaico, eficiência máxima do painel, aumento da radiação recebida por meios refletor. Este estudo permitiu ainda explorar conceitos quase ausentes do programa como sejam o de velocidade angular e forças de impacto e ainda explorar um assunto de grande importância, mas atualmente fora do programa do ensino secundário, o Momento de Inércia, já que esse conceito era essencial para um correto desenvolvimento do carro, principalmente no que diz respeito à construção das rodas. Este foi o projeto vencedor do projeto de conceção.

4.6.4- Medição da velocidade da luz

Foi elaborado um projeto que pretendia medir a velocidade da luz, mas com recurso a um simples micro-ondas (figura 36). Nesse micro-ondas (sem prato rotatório) eram medidos os pontos onde pequeníssimas pepitas de chocolate colocadas lá dentro durante poucos segundos começavam a fundir. Depois, com recurso ao valor da frequência das micro-ondas (frequência de vibração das moléculas de água) e alguns cálculos simples a partir da equação da velocidade de uma onda eletromagnética:

$$v = \lambda f, \quad (48)$$

onde λ é o comprimento de onda da radiação e f é a frequência, podemos determinar a velocidade de propagação das ondas eletromagnéticas.

Deste modo perceberam melhor o funcionamento de um micro-ondas e também os conceitos relacionados com movimento ondulatório.

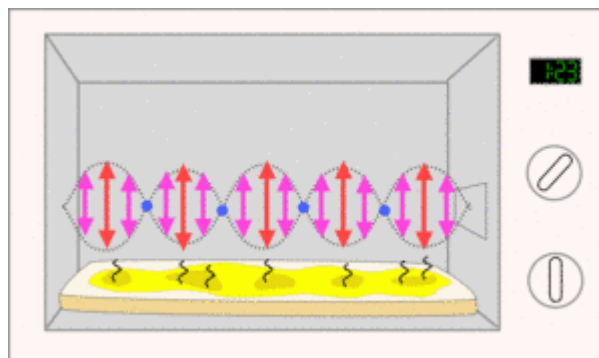


Fig. 36- Representação das ondas num forno micro-ondas em funcionamento. A distância entre os pontos quentes corresponde a meio comprimento de onda.

4.6.5- Construção de uma plataforma para estudo de ondas sísmicas

Outro projeto também relacionado com movimentos vibratórios, mas num contexto diferente, que incluiu tal como o do micro-ondas perceber o conceito de ressonância, que nos livros de texto é referido praticamente como curiosidade, consistiu na construção de uma máquina vibratória para tentar reproduzir os resultados obtidos num trabalho teórico sobre sismologia e danos causados por sismos de diferentes frequências em prédios de diferentes alturas e larguras. Além do desenvolvimento do projeto por um grupo de alunos no que se refere aos conceitos geofísicos, a própria construção da máquina também foi um grande desafio, mas superado com êxito (figura 37).

Esta máquina permite transformar o movimento rotatório com frequência controlável de um berbequim em movimentos oscilatórios transversais de uma estrutura horizontal. Blocos de silicone de diferentes alturas ou áreas de base, que simbolizam prédios, são colocados nas bases quadradas, que simulam os alicerces. Esta máquina permite assim simular alguns tipos de ondas sísmicas e estudar a estabilidade dos prédios relacionando a sua altura e área da base com a frequência de vibração de diferentes tipos de sismos.

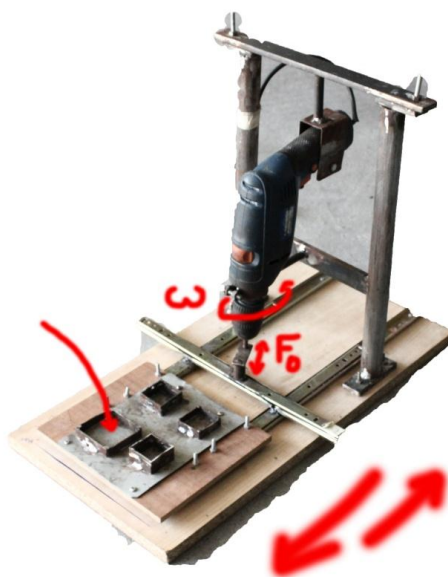


Fig. 37- Máquina de simulação de sismos de diferentes frequências.

Com um tema principal tão vasto e tão rico como é a física do desporto, poderíamos ter feito uma exploração muito mais aprofundada e ter analisado sob o ponto de vista da mecânica muitos outros desportos e situações, como por exemplo o remate em suspensão no andebol, mas tal não foi feito porque muitas dessas abordagens exigiam explorações e conhecimentos muito para lá do nível do 12º ano. A mesma razão serviu para não explorar melhor muitos dos movimentos do karaté, mesmo havendo três alunos na turma que são praticantes de competição em provas desse desporto. Contudo na abordagem ao equilíbrio explorado em 4.1 e 4.2, não raras vezes foi pedida a demonstração de golpes de karaté estudados para fazer perder o equilíbrio aos adversários.

Em situações pontuais, conteúdos fora do programa atual foram abordados e parece-nos que compreendidos pelos alunos.

[Capítulo 5] Avaliação da intervenção

5.1 Avaliação da intervenção

5.1.1- O sujeito da avaliação

Para aferir se os resultados estão a ser atingidos, teremos de avaliar o processo empreendido. Quer seja a avaliação dos resultados pretendidos na avaliação dos alunos, quer seja na ponderação da efetividade das nossas práticas de ensino, para saber se estas devem ser mantidas, reformuladas ou substituídas. Por isso qualquer processo ou intervenção deve ser sempre sujeito a uma avaliação.

Sendo a Física em geral e a Mecânica em particular um tópico tão vasto e tão rico, tanto em termos conceptuais, matemáticos e como provocador de desenvolvimento cognitivo, poderia pensar-se que seria difícil construir um instrumento de avaliação simples que permitisse aferir se as estratégias usadas foram as corretas. Essa dificuldade começa a simplificar quando verificamos que há um conceito que é central a toda a mecânica Newtoniana, o conceito de Força.

Efetivamente, a grande maioria das situações analisadas em Mecânica a nível do ensino secundário, podem resolver-se pela análise correta dos sistemas de forças em jogo.

É relativamente pacífico entre os investigadores e professores que desenvolvem trabalho em Física que uma abordagem concetual, garantindo que os alunos entendem primeiro as situações, os fenómenos e as leis da Física, antes de avançar para a abordagem matemática dos problemas, promove uma melhor compreensão da aprendizagem desta ciência e contribui para uma melhor ligação entre os conceitos físicos, a sua representação matemática e o mundo real (Mazur, 1997, McDermott, 1984). Claro que em certos casos muito específicos em que os alunos mostrem dificuldades em perceber os fenómenos, pode-se partir diretamente para a análise matemática e esperar que essa análise ajude a perceber a profundidade do conceito. Esta última abordagem alternativa só funciona nos casos em que os alunos já tenham bases matemáticas bastante desenvolvidas e poderá até servir como teste, verificando se a nossa ideia é matematicamente consistente. Uma análise matemática, ainda que simples e meramente mental, pode ajudar-nos a fugir das “garras” do senso comum por oposição à realidade.

Se por um lado, o conceito de força facilita e ajuda a compreender todos os outros conceitos inerentes à mecânica, por outro ele próprio pode ser um empecilho a esse entendimento, porque encerra em si mesmo uma grande complexidade. Halloun e Hestenes (1985b) referem que no estudo da Mecânica, uma das primeiras dificuldades dos alunos tem a ver precisamente com a definição deste conceito. A primeira dificuldade advém logo, como em tantos outros casos, das diferentes interpretações que esta palavra tem na linguagem quotidiana não científica, em

confronto com o seu significado científico. A isso acrescem as conceções alternativas que afetam a compreensão dos movimentos e amplificam as dificuldades de interpretação (McDermott, 1987) e Villani (1996).

Assim, termos como "força", "energia" e "potência" são muitas vezes usados como sinónimos, como o são os termos "velocidade" e "aceleração".

Muitos alunos continuam a chegar ao 12º ano com uma visão aristotélica sobre o movimento, onde não entendem como pode um objeto inanimado exercer força sobre outro. Apesar de estes conceitos já terem sido trabalhados no ensino básico e nos 10º e 11º anos, as conceções alternativas continuam a perdurar em muitos alunos. Por exemplo, uma dessas ideias consiste em acreditar que uma força constante, produz uma velocidade constante que depende da resistência do meio e da inércia do objeto e na ausência dessa força, o objeto para imediatamente (Halloun e Hestenes, 1985b); ou seja, força e velocidade são diretamente proporcionais. O que é mais curioso é que muitos alunos, ao afirmarem esse facto, conseguem ao mesmo tempo referir a definição das Leis de Newton sem se aperceberem do contrassenso.

A existência de forças passivas, como a tensão de um fio, que vão sofrendo um ajuste ou desaparecendo conforme são solicitadas como resposta a outra força aplicada é algo de difícil compreensão para muitos alunos (McDermott, 1994). A aplicação da força de atrito e da reação normal de um plano, também são frequentemente mal interpretadas. Um expressivo número de alunos julgam que para manter um corpo com velocidade constante é necessária uma força maior que a força que se opõe ao movimento.

Muitos alunos até resolvem problemas numéricos com a nítida utilização da famosa relação de Newton entre força e aceleração (2ª Lei), mas em compensação, quando é necessária uma compreensão Física do problema mais uma vez a ideia intuitiva, paragem de um corpo caso não haja nenhuma força exercida sobre ele, voltava a estabelecer-se.

Se existem dificuldades com a 1ª e a 2ª Leis de Newton, então com a 3ª Lei, essa dificuldade é ainda maior. A impossibilidade de observação direta das forças que dois objetos exercem um no outro e a abstração necessária para as perceber, são a causa dessas dificuldades.

A 3ª Lei é confundida com as outras duas leis, não analisando corretamente as situações de repouso e de velocidade constante, atribuindo maior força ao objeto de maior massa (Maloney, 1984). Como tal, os alunos acreditam que um corpo com maior massa exercerá uma força maior durante a interação de corpos de massas diferentes. Esta má interpretação, surge logo na definição de interação, pois muitos alunos vêem a interação como uma "luta entre forças opostas", algo que decorre do sentido de que "a vitória pertence ao mais forte." Assim, os alunos não encontram razoabilidade na 3ª Lei e preferem uma versão do princípio da dominância: Em interação, o "mais forte" exerce a maior força. Aqui "mais forte" pode significar "maior", "maior massa", ou "mais

ativo. Daqui decorrem duas concepções alternativas: “maior massa implica uma maior força” e “o agente mais ativo produz uma maior força”.

Por causa da sua forte base metafórica, o princípio da dominância (embora raramente seja claramente articulado) é tão natural para os alunos que é um dos últimos equívocos a ser vencido na transição para o pensamento newtoniano (Hestenes *et al.*, 1992).

Quando se referiu o corpo mais ativo, isso decorre de outra concepção alternativa frequentemente encontrada, a concepção da “força ativa”.

A “força ativa” é atribuída apenas a certos “agentes ativos” (geralmente os seres vivos), e atua somente por contato direto. Agentes ativos são agentes causais, porque eles têm o poder de causar um movimento para criar “ímpeto” e transferi-lo para outros objetos, como quando um rapaz chuta uma bola. A noção de senso comum mais próximo de uma “lei de causalidade” é expresso pelo silogismo: “Todo o efeito tem uma causa. O movimento é um efeito. Portanto, o movimento tem uma causa.”

A força gravítica, apesar de aparentemente simples, também é foco de muitos equívocos. É conhecida a convicção generalizada de que os objetos mais pesados caem mais depressa e até se chegam a encontrar alunos que entendem não ser necessária qualquer força para um objeto cair, pois isso é natural (McDermott, 1984). Quanto à força de atrito, esta é geralmente vista como sendo sempre oposta ao movimento e portanto uma força indesejável, estando a maioria dos alunos convencidos que será sempre benéfico eliminá-la do sistema (Minstrell, 1982, Carvalho e Sousa, 2005).

O conceito de ímpeto permanece na mente de muitos alunos (Halloun e Hestenes, 1985b). Ele é encarado como uma força de origem diferente da já citada “força ativa”. Claro que os alunos nunca usam a palavra “ímpeto”, pois normalmente expressam esta ideia por uma série de termos, dos quais “força” é talvez o mais comum. Ímpeto é concebido como algo, a “força motriz” ou a “força intrínseca”, que mantém os corpos inanimados em movimento. Este é relacionado com a já referida ideia da necessidade de uma força aplicada para manter um objeto em movimento a velocidade constante. O ímpeto é implicitamente entendido como uma força que é transmitida aos objetos e que se vai esgotando, por ação de outras forças como a força gravítica e a força de atrito. Isto, claro, contradiz a Primeira Lei de Newton. A evidência de que um aluno acredita em algum tipo de incentivo intrínseco para que haja movimento é a evidência de que a 1ª Lei de Newton não terá sido devidamente assimilada.

Muitas outras concepções alternativas relativas a estes assuntos são referidas na literatura, como a confusão entre força e momento da força (torque), velocidade e variação da velocidade ou entre velocidade e rapidez média e ainda entre instante e intervalo de tempo (Halloun e Hestenes, 1985b); (McDermott, 1984, Towbridge e McDermott, 1981).

A “força centrífuga”, devido ao nome e à aparente necessidade da existência dessa força para explicar alguns fenómenos, é um equívoco encontrado com muita frequência. No mundo do senso comum, obstáculos como cadeiras e paredes não exercem forças “, eles só ficam no caminho”. A massa é considerada como um tipo de resistência, porque “resiste” aos esforços de um agente ativo. O Movimento ocorre apenas quando a força ativa “supera” a resistência (note a metáfora), e cessa quando a força se torna “muito fraca” (Hestenes *et al.*, 1992).

Será importante ter um plano de ação que vá de encontro a estas ideias, no sentido de os alunos alterarem as suas estruturas mentais, abandonando-as por as considerarem inadequadas. A investigação educacional ajuda-nos, dando sugestões para trabalharmos muitas destas dificuldades. Uma das recomendações mais importantes é a necessidade de envolver sempre ativamente o aluno em todo o processo de ensino e aprendizagem. Uma estratégia que traz bons frutos no estudo destes temas é o esboço de diagramas de corpo livre, sendo esta uma poderosa ferramenta no auxílio à análise e resolução de problemas envolvendo sistemas de forças (Puri, 1996). Um diagrama de forças aplicadas num corpo livre, se bem desenhado, permitirá a identificação de todas as forças envolvidas, o seu ponto de aplicação e prever as características do movimento resultante. Estes diagramas também são a melhor forma de abordagem à 3ª Lei de Newton e consequente identificação dos pares ação-reação das forças internas ao sistema. O desenho de um diagrama permite também ter uma melhor perceção se será possível utilizar o modelo da partícula material, ou se não será possível representar o objeto como uma simples partícula. É aqui necessário tomar muito cuidado com a utilização destes diagramas, nomeadamente quando ocorrem rotações para além de translações. Há referência a que por vezes são encontrados em certos livros e até artigos científicos, que não têm uma análise correta deste pormenor, onde parecem diagramas de forças incorretos, inculcando ideias erradas aos alunos (Puri, 1996, Briosa, 2011). Outras situações problemáticas recorrentes têm a ver com os cálculos das forças resultantes e trajetórias dos movimentos. Um conhecimento profundo sobre a utilização de eixos cartesianos e a possibilidade de simplificação dos problemas pelo entendimento da sobreposição das suas componentes são algo obrigatório, sob pena de todo o estudo ser inútil.

5.1.2- Instrumento de recolha dos dados

5.1.2.1- O inquérito por questionário

Qualquer intervenção deve ser alvo de uma avaliação para aferir a sua pertinência e adequação. Há várias formas de tentar recolher os dados que nos possibilitem essa avaliação, entre eles os inquéritos, testes de avaliação, observação de atividades e entrevistas. Neste caso, como queríamos aferir a forma como um conceito aglutinador (força) tinha sido assimilado e prevalecia no

tempo, necessitando recolher informação em momentos separados no tempo, optou-se por usar o inquérito por questionário. Qualquer inquérito por questionário, é formado por uma série de questões, que abrangem o tema de interesse para os investigadores. Neste caso, a opção recaiu sobre esse instrumento porque é o que, atendendo às nossas necessidades, apresenta mais vantagens em comparação com os outros métodos de recolha de dados.

Um questionário é um instrumento que visa e permite obter informações da população em estudo de uma maneira sistemática e ordenada (Tomás Garcia, 2003) e é um meio útil e eficaz para recolher informação num intervalo de tempo relativamente curto (Arturo, 2001), facilitando a análise dos dados em comparação com outras forma de recolha. Outra grande vantagem deste tipo de instrumento é não exigir que o investigador e os inquiridos interajam em situação presencial (Carmo e Ferreira, 1998), pelo que facilitou a aplicação dos inquéritos aos Grupos de controlo 3 e 4, os quais não tinham aulas com o autor do estudo. Apresenta ainda vantagens relacionadas com o custo monetário.

Se por um lado a aplicação de questionários é vantajosa a vários níveis, esta ferramenta apresenta desafios ao nível da dificuldade de conceção, pois é necessário ter em conta vários parâmetros tais como: a quem se vai aplicar, o tipo de questões a incluir, o tipo de respostas que se pretende face ao tema abordado e finalmente, a análise de fiabilidade e validação do teste.

Almejando que os dados sejam relevantes e antevendo a mais que provável interação indireta entre o investigador e os inquiridos, este não pode ser subjetivo, com questões de interpretação dúbia, pelo que a linguagem e o tom das questões que o constituem são de elevada importância. Assim, é necessário ser cuidadoso na forma como se formulam as questões, bem como com a sua apresentação.

Construir um questionário válido não é uma tarefa fácil, pois implica controlar uma série de variáveis. Devemos ambicionar a que os dados recolhidos sejam o mais fidedignos possíveis. Na sua elaboração é importante, antes de mais, ter em conta as habilitações do público-alvo a quem ele vai ser administrado. Saliente-se que o conjunto de questões deve ser muito bem organizado e conter uma forma lógica para quem a ele responde, evitando as irrelevantes, insensíveis, intrusivas, desinteressantes, com uma estrutura (ou formato) demasiado confusos e complexos, ou ainda questões demasiado longas (atendendo ao nível etário). O investigador deve ter o cuidado de não utilizar questões ambíguas que possam, por isso, ter mais do que um significado, que por sua vez, levem a ter diferentes interpretações, antevendo a mais que provável interação indireta entre o investigador e os inquiridos, sem lugar a explicações durante a aplicação. A linguagem e a construção frásica das questões que o constituem são elementos de elevada importância.

Não se deve incluir duas questões numa só (*doublebarrelled questions*), pois pode levar a respostas induzidas ou irrelevantes, além de não ser possível determinar qual das “questões” foi

respondida, aquando o tratamento da informação. O investigador deve ainda evitar questões baseadas em conjecturas, pois parte-se do princípio que o inquirido encaixa numa determinada categoria e procura informação baseada nesse pressuposto. É também necessário redobrar a atenção ao formular questões de natureza pessoal, ou que abordem assuntos delicados ou incómodos para o inquirido. As questões devem ser reduzidas e adequadas à pesquisa em causa. Assim, elas devem ser desenvolvidas tendo em conta três princípios básicos: o **Princípio da Clareza** (devem ser claras, concisas e unívocas), **Princípio da Coerência** (devem corresponder à intenção da própria pergunta) e **Princípio da Neutralidade** (não devem induzir uma dada resposta mas sim libertar o inquirido do referencial de juízos de valor ou do preconceito do próprio autor) (Arturo, 2001).

Como os questionários normalmente exigem respostas escritas às questões, pode ocorrer uma elevada taxa de não-respostas. Essa taxa dependerá da clareza e objetividade das perguntas, natureza das pesquisas e ao tipo de inquirido. Quanto mais simples for o sistema de perguntas, quer em matéria de objetividade quer de clareza, maior é a possibilidade de aumentar a taxa de respostas. Instruções demasiado complicadas e longas constituem um enorme dissuasor de colaboração. Relativamente à natureza da pesquisa, verifica-se que se aquela não for de utilidade para o indivíduo, a taxa de não-resposta aumentará. Os inquiridos com maior nível de habilitações académicas tendem a responder com mais frequência e atenção.

5.1.2.2- Tipos de questionários

Sendo assim, são muitos os cuidados que terão de ser assumidos aquando da elaboração de um inquérito. Vamos agora debruçar-nos não sobre a forma de apresentação, mas sobre o tipo das questões formuladas. Existem três tipos de questionários: questionário aberto, fechado e misto (Arturo, 2001, Tomás García, 2003).

O tipo de questionário depende do tipo de questões que o formam:

- As questões de resposta aberta permitem ao inquirido construir a resposta com as suas próprias palavras, aumentando deste modo a liberdade de expressão.
- As questões de resposta fechada são aquelas nas quais o inquirido apenas seleciona a opção (de entre as apresentadas), que mais se adequa à sua opinião (Arturo, 2001).

A opção por um ou outro tipo é da responsabilidade do investigador, pois ambos os tipos de questões têm vantagens e desvantagens (tabela 17):

Questionário	Vantagens	Desvantagens
Aberto	<ul style="list-style-type: none"> - Favorece a originalidade; - Exige maior concentração do inquirido na formulação da resposta; - Permite recolher informação que o investigador não tivesse previsto, mas que possa ser relevante; - Aumenta a variedade das respostas. - Respostas mais fieis à opinião dos inquiridos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Requer mais tempo para responder; - Requer mais tempo para analisar as respostas; - Maior dificuldade de categorizar as respostas; - Hipótese das respostas não serem fidedignas por deficiente expressão das ideias pelos inquiridos. - Possível dificuldade em ler respostas com caligrafia ilegível.
Fechado	<ul style="list-style-type: none"> - Maior rapidez e facilidade; - Maior facilidade na categorização das respostas; - Maior confiança nas respostas dadas, já que não são sujeitas a dificuldades de expressão; - Simplificação no tratamento da informação recolhida; - Aplicação mais rápida, ou é possível aplicar maior número de questões para o mesmo tempo; - Menos cansativa para o inquirido. 	<ul style="list-style-type: none"> - Dificuldade em cobrir as respostas possíveis e relevantes a cada questão; - Limita a originalidade do inquirido; - Não fomenta um tão alto grau de concentração do inquirido; - Pode não haver qualquer resposta que expresse a opinião convicta do inquirido; - Mais demorado de elaborar para o investigador.

Tabela 17- Comparação dos 2 tipos de questionário

O outro tipo de questionário que pode ser aplicado, de tipo misto, tal como o nome indica apresenta questões de resposta aberta e de resposta fechada.

5.1.2.3- Os testes conceptuais

O questionário que melhor serve a nossa pretensão de avaliação da intervenção realizada, será um teste conceptual de resposta fechada. Como o nome indica estes testes destinam-se a analisar quais as ideias que os inquiridos têm sobre determinado conceito, aplicado em contextos diversificados e as eventuais conceções alternativas sobre o mesmo.

Durante a primeira metade da década de 80, os resultados de estudos de cunho predominantemente qualitativo sobre conceções alternativas, permitiram a elaboração de classificações sistemáticas ou “taxionomias” das mesmas, inicialmente associadas à Mecânica. Esta informação permitiu a elaboração de testes de escolha múltipla solidamente fundamentados em pesquisas sobre estas conceções (Halloun e Hestenes, 1985a, Hestenes e Wells, 1992; Hestenes, Swackhamer e Wells, 1992, Thornton e Sokoloff, 1998). Tais instrumentos permitem diagnósticos relativamente rápidos e eficientes de indivíduos. Isto é, a análise das respostas de um indivíduo fornece informação sobre as conceções espontâneas que caracterizam o seu pensamento sobre fenómenos físicos, possibilitando a planificação de um processo de ensino e aprendizagem otimizado. O mesmo é verdadeiro para turmas de alunos. Os testes conceptuais permitem fazer diagnósticos relativamente rápidos e eficientes dos alunos.

Estes testes têm como objetivo realizar um estudo transversal da consistência dos modelos mentais dos estudantes em diferentes contextos e um estudo longitudinal da evolução dos mesmos, partindo do pressuposto de que a evolução na direção da apreensão do conhecimento científico pelos estudantes passa primeiro por um aumento da inconsistência dos seus modelos intuitivos.

A análise das suas respostas fornece informação sobre as conceções alternativas que caracterizam o seu pensamento sobre fenómenos físicos, possibilitando o planeamento de um processo de ensino e aprendizagem otimizado. O mesmo é verdadeiro para turmas de alunos. Outra característica fundamental dos diagnósticos de escolha múltipla é a fácil quantificação da compreensão de grupos de alunos.

Nos testes conceptuais não é pretendida a avaliação de formalismos e modelos matemáticos, só a compreensão e o conhecimento das ideias subjacentes aos conceitos.

Aplicando esta ferramenta antes de uma intervenção (pré-teste) e após a intervenção (pós-teste), permitem avaliar, além do progresso da aprendizagem, qual o impacto das estratégias ou metodologias usadas (Foundation Coalition, 2001, Hestenes e Wells, 1992, Mazur, 1997, Redish, 2001).

5.1.2.4- Construção de um questionário avaliativo (teste concetual)

A construção de um inquérito por questionário, atendendo à provável ausência de interação direta entre investigador e inquiridos deve obedecer a critérios fundamentais de clareza e rigor na apresentação (como indicado em 5.1.2.1), bem como comodidade/agrado para o inquirido. O ponto de partida da elaboração pode ser o tema em estudo, o qual deve ser apresentado de uma forma clara e simplista, assim como a disposição gráfica do questionário, qualidade e cor do papel, que devem ser, também eles, adequados ao público-alvo. A saber, o investigador deve ter o cuidado na utilização de recursos gráficos que os inquiridos possam ter dificuldade em interpretar tais como, tabelas ou determinados tipos de gráficos, quando o público-alvo não está familiarizado com esse tipo de informação.

Um inquérito muito volumoso, pode também criar reações prévias negativas principalmente entre públicos mais novos ou com baixos níveis de literacia.

Antes de administrar o questionário, o investigador deve proceder a uma revisão gráfica pormenorizada, de modo a evitar erros ortográficos, gramaticais ou de sintaxe, que tanto pode provocar erros ou induções nas respostas dos inquiridos, como pode fazer baixar a sua credibilidade. O tamanho da letra também deve ser adequado, nem demasiado grande, nem demasiado pequena com o intuito de colocar muita informação em pouco espaço. No caso de uma questão aberta, deve ser dada atenção ao espaço disponível para a resposta (Arturo, 2001, Carmo e Ferreira, 1998).

Porém, para além das múltiplas questões relacionadas com a forma e conteúdo, um teste concetual, para servir os propósitos a que se destina deverá obrigatoriamente ser fiável e válido.

A validade de um teste concetual indica o grau em que o teste mede aquilo que de facto pretende medir. Há três critérios de validade fundamentais:

- Validade de conteúdo, é uma medida qualitativa e mede a adequação dos itens de escala ao domínio de conhecimentos pretendidos. É estabelecida por peritos na área em estudo.
- Validade criterial, analisam-se os resultados com base em critérios estatísticos e matematicamente comprovados como relevantes.
- Validade de construção, compara as ideias transmitidas no teste conceptual com as ideias transmitidas pelo inquirido por outros meios, como por exemplo entrevistas. Estas ideias devem ser consistentes, garantindo que o teste reflete o conhecimento do inquirido e não é resultado do acaso ou má interpretação.

A fiabilidade de um teste indica a sua consistência em medir a variável pretendida (Hill e Hill, 2000). Há três intervenções a realizar para medir a fiabilidade:

- Estabilidade temporal, o teste é repetido em instantes diferentes não muito afastados no tempo e os seus resultados são comparados.
- Versões alternativas ou formas paralelas, onde há comparação dos resultados de dois testes que medem a mesma variável, devendo os resultados ser concordantes.
- Consistência interna, onde os resultados são comparados sob diversos prismas recorrendo a análise estatística. Hoje em dia há ferramentas informáticas que permitem fazer análises estatísticas com base em múltiplas variáveis, o que veio facilitar e acelerar bastante um processo que era muito moroso, principalmente para investigadores das ciências sociais. A título de exemplo o programa mais usado é o IBM SPSS - *Satistical Package for Social Sciences*.

A construção de um bom teste concetual, com características de construção técnicas e gráficas adequadas a acrescentar à dificuldade da validade e fidelidade, encerra assim uma grande complexidade. O intervalo temporal desde a conceção da versão preliminar até à versão final será sempre bastante grande, podendo levar anos.

Atendendo a todos estes fatores, decidiu-se optar por um teste conceptual já validado e com fiabilidade comprovada, de modo a permitir sua aplicação o mais cedo possível. Neste caso a opção recaiu no *Force concept Inventory* (FCI) (Halloun e Hestenes, 1995), na sua versão portuguesa. Este teste já foi aplicado em diversos estudos a nível internacional, o que poderá dar referências para comparação dos resultados obtidos por pesquisadores de outras instituições e

servir mesmo como um padrão para avaliar diferentes métodos de ensino. O teste pode ser aplicado praticamente a qualquer painel de inquiridos.

5.1.2.5- O FCI

O *Force Concept inventory* (FCI), é um teste conceptual que foi concebido para avaliar a compreensão do aluno dos conceitos mais básicos da Física newtoniana.

Criado por Ibrahim Halloun (Departamento de Física e Astronomia, Arizona State University), David Hestenes (Research Professor, Departamento de Física e Astronomia), Greg Swackhamer (Glenbrook North High School, Northbrook) e colaboradores, este instrumento contém 30 questões de escolha múltipla (na sua versão atual) que cobrem 6 áreas da mecânica: cinemática, 1ª Lei de Newton, 2ª Lei de Newton, 3ª Lei de Newton, princípio da sobreposição e tipos de forças (como gravítica e de atrito). Cada questão apresenta 5 opções de resposta, sendo apenas uma correta do ponto de vista da Física Newtoniana e as restantes incorretas (servindo como distraidores).

O FCI está disponível para educadores e pode ser acedido no Programa de Modelação da *Arizona State University*. Pode ser pedido no endereço: <http://modeling.asu.edu/>, mas será necessário primeiro autenticar-se e identificar-se como professor. O teste não é colocado como anexo nesta dissertação, pois a sua circulação cinge-se a regras bastante restritivas e compromisso de confidencialidade sobre as questões do mesmo.

A validade e fiabilidade do FCI foram estabelecidas em várias etapas, a partir de uma versão inicial. Todos os pormenores foram revistos e acertados, no que toca à linguagem e definição das respostas corretas. Nas etapas de desenvolvimento e comprovação dessa fiabilidade e validade participaram vários professores, alunos de Doutoramento e alunos de Licenciatura. Os participantes percorreram as diferentes etapas, incluindo a realização do teste em diferentes instantes temporais, entrevistas e análises com métodos estatísticos dos resultados, entre eles o teste de Kuder-Richardson (KR)- este teste permite determinar o coeficiente de fiabilidade KR, que indicou uma fiabilidade elevada (Halloun e Hestenes, 1992). Não se notando ambiguidades, confusões e comprovada a independência dos resultados, foi considerado que a elaboração do teste estava concluída.

Os autores criaram questões simples, que não exigem cálculos ou algoritmos matemáticos para resolvê-las, mas requerem algumas respostas que comparam duas ou mais grandezas.

Nas opções, além da resposta newtoniana usual estão também presentes distraidores não-newtonianos. Os distraidores foram identificados a partir de pesquisas em ensino de Física que mostram quais são as concepções alternativas mais comuns em mecânica. Essas alternativas erradas podem despertar dúvidas na mente de um pensador newtoniano inseguro ou atrair a atenção de um pensador não newtoniano. Muitas questões do FCI são funcionalmente equivalentes, no sentido de

testarem a presença das mesmas conceções alternativas e diminuïrem a probabilidade de alguns alunos atingirem resultados altos por mera sorte.

As principais áreas conceptuais abordadas são: relação entre velocidade e aceleração; as três leis de Newton; impulso e natureza de tipos comum de forças (atrito, resistência do ar, força gravitacional, forças de contato). Vinte questões (2/3 do total) fazem uso de ilustrações ou diagramas.

Há um consenso quanto à sólida correlação entre notas baixas no FCI e ausência de pensamento Newtoniano. Segundo entrevistas conduzidas por Hestenes e seus colaboradores (Hestenes *et al.*,1992), uma visão de mundo newtoniana só começa a existir com resultados FCI superiores a 60%, e métodos tradicionais deixam muito a desejar em relação a métodos de que fomentem o envolvimento ativo dos alunos, ao passo que pensadores “plenamente Newtonianos” obtêm notas acima de 80%.

A tradução portuguesa foi feita por Paulo Simeão Carvalho e Edite Briosa (Briosa, 2011) e é perfeitamente clara para os alunos, preservando o sentido contido na versão original. Não houve necessidade de proceder adaptações culturais, aparecem referências a discos de hóquei sobre o gelo ou a bolas de Bowling, mas tal não deverá introduzir qualquer dificuldade extra aos alunos atuais.

A tabela 18 resume as dimensões conceptuais avaliadas no teste. Uma vez que a cinemática não é por si só uma dimensão conceptual, mas é importante estar representada pelos conceitos base dos movimentos, foi aqui assinalada com o ponto 0:

	Conceito	Questões
0. Cinemática	Diferença entre velocidade e posição Diferença entre velocidade e aceleração Aceleração constante implica: Órbita parabólica Mudança de rapidez Adição vetorial	9, 20, 19, 14, 21, 22
1. 1ª Lei de Newton	Movimento sem força aplicada: A direção da velocidade é constante. A rapidez é constante. Movimento quando há forças que se equilibram	6, 7, 8, 10, 17, 23, 24, 25, 26
2. 2ª lei de Newton	Forças impulsivas Forças constantes implicam aceleração constante	8, 9, 21, 22
3. 3ª Lei de Newton	Para forças impulsivas Para forças constantes	4, 15, 16, 19, 28
4. Princípio da sobreposição	Forças que se equilibram	11, 17, 25, 26

5. Tipos de forças	Contacto entre sólidos: Forças passivas O atrito opõe-se sempre ao movimento Forças centrais	5, 11, 18, 27, 29
	Contato com fluídos: Força de resistência do ar Força de impulsão	29, 30
	Gravitação: Aceleração independente do peso Trajetória parabólica	1, 2, 3, 11, 12, 13, 14, 17, 29, 30

Tabela 18- Conceitos newtonianos avaliados no FCI

Note-se que algumas questões, atendendo à interdependência e transversalidade das diferentes dimensões conceituais em análise, aparecem associadas à avaliação de mais do que um item. As respostas incorretas, também são muito importantes e permitirão detetar as conceções alternativas de cada aluno individualmente de acordo com a distribuição das suas respostas conforme os distraidores.

A tabela 19 avalia as conceções alternativas evidenciadas pelas respostas incorretas:

	Conceito	Respostas erradas nas questões
0. Cinemática	- Confusão entre velocidade e posição - Confusão entre velocidade e aceleração - Velocidade considerada não vetorial	19(2,3,4) 19 (1), 20(2,3) 9(3)
1. Ímpeto	- Ímpeto fornecido por um golpe - Perda/recuperação do ímpeto inicial - Dissipação do ímpeto - Ímpeto circular	11(2,3), 7(4), 8(3,5), 21(1), 23(1,4,5) 10(3), 12(3,5), 13(1,2,3), 14(5), 24(3,5), 27(2) 6(1), 7(1,4)
2. Força ativa	- Só agentes ativos exercem forças - O movimento implica uma força ativa - Repouso implica ausência de força - Velocidade é proporcional à força - Aceleração implica aumento da força - Força causa aceleração até à velocidade terminal - A força ativa gasta-se	19(4), 16(4), 15(4), 17(5), 28(2), 29(2), 30(1) 27(1) 29(5) 22(1), 26(1) 3(2) 3(1), 22(4) 22(3,5)
3. Pares ação-reação	- Maior massa implica maior força - Agente mais ativo provoca maior força	4(1,4), 15(2), 19(2), 16(2), 28(4) 19(3), 16(3), 28(4)
4. Encadeamento de Forças	- A maior força determina o sentido do movimento	17(1,5)

	- Média das forças determina o sentido do movimento	6(4), 7(3), 12(1), 14(3), 21(3)
	- A última força aplicada determina o sentido do movimento	8(1), 9(2), 21(2), 23(3)
5. Outras influências no movimento	- Força centrífuga num referencial inercial.	6(3,4,5), 7(3,4,5)
	- Os obstáculos não exercem força	4(3), 9(1,2), 15 (5), 19(5), 16(5), 29(1)
	- Inércia:	
	* A massa faz os objetos parar	14(1,2), 27(1,2)
	* O movimento requer que a força vença a inércia	19(2,4), 25(4)
	* A inércia opõe-se à força	25(5)

Tabela 19- Resumo de concepções alternativas dos alunos e as respostas (alíneas) a cada questão do FCI onde são evidenciadas

Esta análise poderá ter muito interesse para um professor detetar as principais ideias dos seus alunos e assim poder implementar estratégias de ensino adequadas. Contudo este assunto não terá interesse para esta investigação, uma vez que a análise dos resultados segundo os autores do teste deve ser feita na sua totalidade e para o grupo em geral. Deve-se fazer uma análise holística e não fragmentada questão a questão. Mesmo em relação à instrução, eles alertam contra uma abordagem fragmentada dirigida a cada equívoco separadamente. As concepções alternativas só podem ser superadas com sucesso quando algo melhor (ou seja, os conceitos de Newton) forem conhecidos para os substituir. A grande força da mecânica newtoniana é que é um sistema concetual coerente, e isso pode ter impacto sobre a aprendizagem do aluno, como fez em relação aos cientistas, fazendo-o adotar o sistema (Hestenes *et al.*, 1992).

Nas primeiras aplicações do FCI, foi dececionante constatar o nível de compreensão conceptual de alunos que completam disciplinas ou “cadeiras” de Física, não só a nível secundário, mas também universitário (Hestenes, Swackhamer e Wells, 1992). Utilizando o mesmo teste, antes e após o ensino dos tópicos de mecânica relevantes, na maioria dos casos, o ganho observado foi bastante modesto. O trabalho do grupo da *Arizona State University* envolveu um número expressivo de turmas e professores diferentes, e produziu outra conclusão surpreendente: os ganhos detetados no pós-teste eram essencialmente independentes do professor (Hestenes *et al.*, 1992).

Na *Harvard University*, Mazur (1997) procurou correlações entre o desempenho no diagnóstico concetual de Hestenes, Wells e Swackhammer e o desempenho dos mesmos alunos em questões quantitativas, do tipo das que ele sempre usou nos seus exames. Mazur concluiu que a correlação era surpreendentemente fraca: muitos dos seus alunos eram capazes de resolver problemas quantitativos com grande competência (a julgar pelas questões resolvidas nos exames), mas revelavam manter no pós-teste uma concepção não newtoniana da mecânica. Tanto Mazur como Hestenes, relatam inovações metodológicas fundamentadas em resultados obtidos pela

pesquisa em ensino de Física, proporcionando aulas mais interativas, que produziram melhor compreensão concetual. Adicionalmente também pareceu que estes resultados estavam correlacionados, em muitos casos, com melhor desempenho em questões quantitativas.

5.2- Aplicação do *Force Concept Inventory* (FCI) na intervenção realizada

O FCI foi aplicado em setembro, no início do ano letivo (como pré-teste) e em junho, no final do ano (como pós-teste). Os alunos nunca foram informados durante o ano de que voltariam a ser submetidos ao mesmo teste.

Também em momento algum, os alunos foram informados sobre os resultados do pré-teste, nem foi feita qualquer discussão ao longo do ano sobre alguma das questões.

O professor que procedeu à intervenção, teve o cuidado de durante o ano letivo nunca efetuar um ensino direcionado para responder a qualquer questão do teste. De forma a não ser influenciado, também nunca procedeu à análise exaustiva dos pré-testes até depois da aplicação do pós-teste, para identificar com precisão as conceções alternativas individuais de cada aluno, de acordo com a tabela 19. Esta análise tem muita importância numa situação normal no sentido de personalizar o ensino dos seus alunos, mas neste caso, tratando-se de uma investigação, o professor assentou as suas estratégias nas conceções alternativas referidas na literatura e na interação direta com os alunos.

Uma vez que a aplicação do teste aos alunos do Grupo 3 se deu numa aula de Química e nessa aula estavam presentes alguns alunos que pertenciam ao Grupo 1, foi providenciada uma atividade fora da sala de aula para os alunos do Grupo 1. Assim, os alunos de Física não tiveram qualquer influência nas possíveis respostas dos elementos do Grupo 3. Acrescenta-se que os alunos do Grupo 1, fizeram o teste na aula imediatamente a seguir, não tendo estado em contacto com os colegas pois começaram o teste no intervalo.

Os alunos dos Grupos 2 e 4 realizaram os testes à mesma hora que o Grupo 3, pelo que não houve qualquer possível interação entre alunos para discutir questões.

Apesar do teste estar otimizado para um tempo de aplicação máximo de 1 hora, todos os alunos terminaram antes, mas sempre decorridos mais de 40 minutos.

5.3- Resultados da intervenção

5.3.1 Tratamento quantitativo

Devido ao amplo uso do FCI na literatura internacional, temos uma base de comparação para os nossos resultados. A avaliação da intervenção teve em conta os resultados dos alunos no pré-teste e no pós-teste. Com base nestes resultados, foram realizados diagnósticos, incidindo mais sobre o desempenho global da turma do que no de cada aluno.

Os dados analisados terão de ser sujeitos a uma análise esclarecida, não bastando calcular o ganho absoluto:

$$ganho\ absoluto = C_f - C_i \quad (49)$$

onde C_f é a classificação do aluno no pós teste e C_i é a classificação do aluno no pré-teste.

É importante minimizar o efeito da regressão para a média, fenómeno caracterizado pela tendência de alunos com notas baixas num pré teste, as subirem no pós-teste e, de alunos com notas altas no pré-teste tenderem a subir menos que os alunos mais fracos (Glass e Hopkins, 1984). Medir ganhos de aprendizagem exclusivamente através da diferença entre as notas de um pré-teste e de um pós-teste, sendo útil, pode não ser o melhor, dado que exclui a sensibilidade a este fenómeno.

Este problema pode ser ultrapassado através do ganho normalizado de aprendizagem, onde o ganho médio observado para uma turma é comparado com o ganho máximo possível para essa turma. (Knight, 2004, Mazur, 1997):

$$G = \frac{C_f - C_i}{100 - C_i} \quad (50)$$

Com esta expressão evita-se completamente o efeito da regressão para a média, sendo que todos os inquiridos têm a possibilidade de conseguir $G=1$ (ganho ideal) e correspondente a acertar todas as questões no pós-teste. Esta definição pode ser aplicada a qualquer teste deste tipo.

A tabela 20 apresenta os resultados dos diferentes grupos em estudo:

Grupo	<Pré teste> / %	<Pós teste> / %	<Ganho absoluto> (*) / %	<Ganho normalizado> (*) / %
1	34,31	70,39	$36,08 \pm 5,56$	$54,92 \pm 8,42$
2	30,33	33,00	$2,67 \pm 3,34$	$3,82 \pm 5,10$
3	31,28	37,69	$6,41 \pm 4,76$	$9,33 \pm 6,63$
4	27,50	21,50	$-6,00 \pm 3,42$	$-8,28 \pm 5,17$

Tabela 20- Resultados globais do FCI

(*)A incerteza foi calculada estatisticamente para um intervalo de confiança de 95%

Antes de prosseguir, realçamos que devido à reduzida dimensão dos grupos em estudo, nenhuma conclusão pode ser extrapolada de forma absoluta, contudo tentaremos tirar as conclusões possíveis.

5.3.2- Análise dos resultados

Segundo a análise gráfica da distribuição de resultados nos diferentes grupos (gráfico 11), observam-se subidas nas classificações de 3 grupos no pós-teste, contudo essas subidas são bastante moderadas nos Grupos 2 e 3 e muito acentuada no Grupo 1.

:

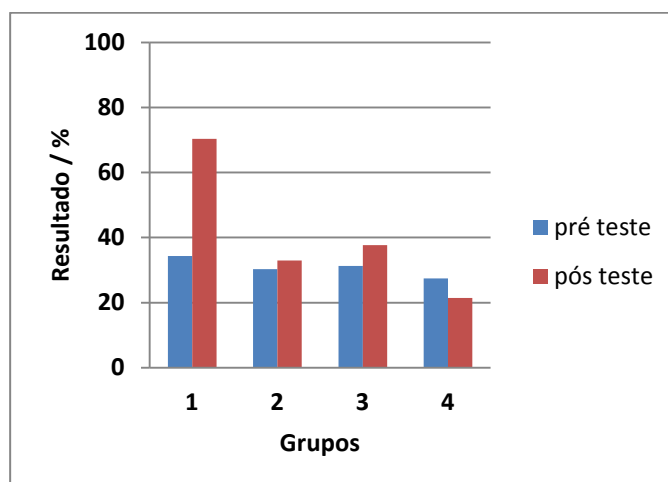


Gráfico 11- Resultados dos testes

Os resultados mostrados de uma forma descontextualizada podem dar azo a conclusões precipitadas. Seria de esperar que em alunos do 12º ano, mesmo naqueles que não frequentam Física, atendendo ao seu percurso escolar anterior recente, em que tiveram sucesso na disciplina de Física e Química A (FQA), atingissem resultados positivos neste teste de mecânica básica.

Os resultados dos pré-testes e dos pós-testes de alguns grupos podem assim parecer bastante fracos. Mas tal vem de encontro aos resultados de Hestenes, Wells e Swackhamer e também de Mazur, referidos em 5.2.1.4., para alunos sujeitos a metodologias de ensino mais passivas.

Quanto aos ganhos normalizados (ver equação 50) ao longo do ano, por comparação do pós-teste com o pré-teste, na aplicação do FCI aos diferentes grupos, estes vêm representados no gráfico 12:

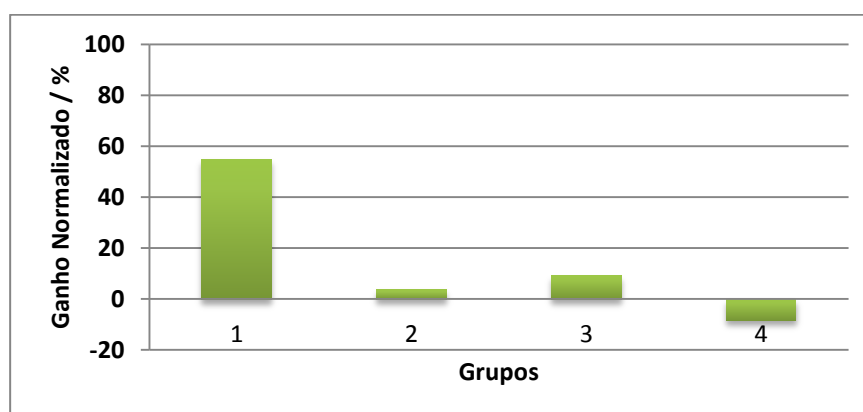


Gráfico 12- Ganhos normalizados do FCI

Nota-se um ganho normalizado (G) acentuado (54,9%) apenas para o Grupo 1. Os ganhos do Grupo 2 (3,8%) e do Grupo 3 (9,3%) são bastante mais moderados. O Grupo 4, teve mesmo um retrocesso em termos de ganho normalizado de 8,3%,

Pormenorizando um pouco mais, apresentam-se os ganhos normalizados percentuais de cada grupo, por níveis (gráfico 13), onde o nível 0 inclui ganhos negativos até 0%, nível 1 inclui ganhos de 1 a 10% e assim sucessivamente até ao nível 10 que inclui ganhos de 91 a 100%.

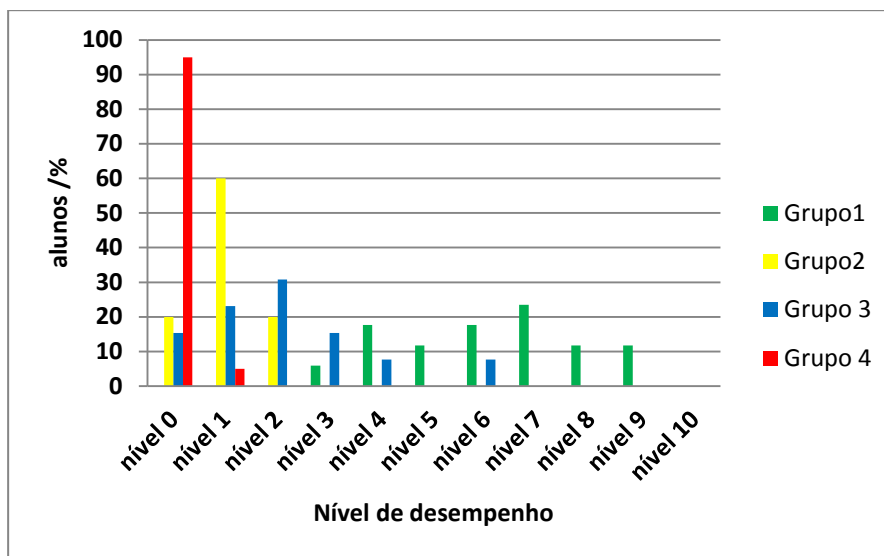


Gráfico 13- Ganhos normalizados no FCI por níveis de desempenho

Mais uma vez, somos levados a concluir que efetivamente a maioria dos alunos teve ganhos muito baixos. Quanto maior for a distribuição de um grupo para o lado direito do gráfico 13 (níveis de ganho superiores), maior é a percentagem de alunos com ganhos maiores, pelo que apenas o Grupo 1 se destaca pela positiva.

Para uma melhor perceção da distribuição dos ganhos normalizados por níveis de desempenho mostra-se o gráfico 14, onde se acrescentaram as curvas com as manchas de distribuição dos resultados:

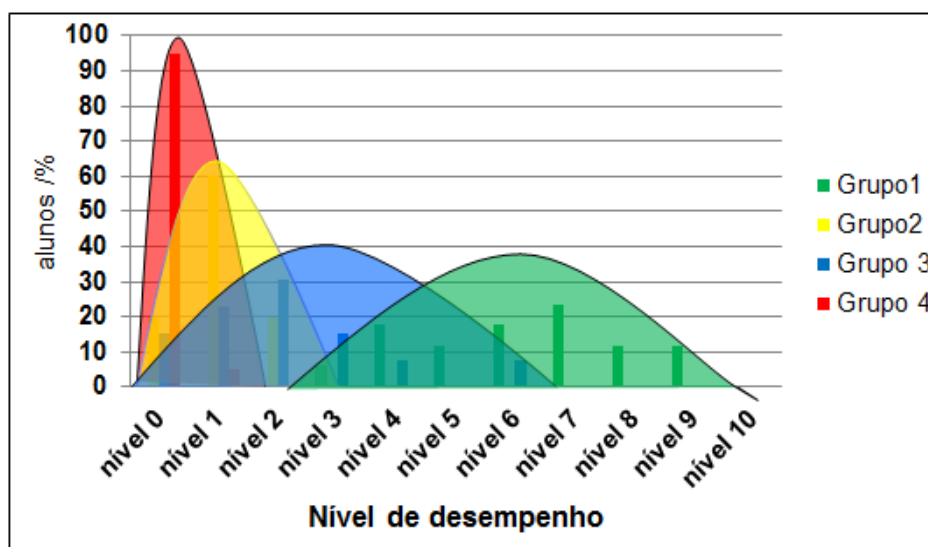


Gráfico 14- Mancha de distribuição do ganho normalizado dos diferentes grupos por níveis de desempenho

É aqui bem visível o aumento da percentagem de alunos com ganhos mais altos no Grupo 3 e principalmente no Grupo 1.

Segundo Mazur (1997), espera-se que logo após terminar o estudo da mecânica por métodos tradicionais expositivos, centrados no professor, os proveitos educacionais sejam até cerca de 20% de ganho normalizado. Em contrapartida em turmas onde foram implementadas estratégias predominantemente centradas nos alunos conseguem-se ganhos entre 38% e 65%.

Richard Hake, da *Indiana University*, não se contentou em analisar os resultados do FCI aplicados na sua própria instituição. Reuniu dados obtidos de 62 disciplinas (“*courses*”) diferentes, totalizando 6542 alunos de mais de 13 instituições que incluíam universidades e de escolas secundárias (Hake, 1998).

Hake classificou o ensino de “envolvimento interativo” (*interactive engagement*=IE) ou em “tradicional” (T), consoante a metodologia usada. Ele definiu o ensino de “envolvimento interativo” como sendo planeado de maneira a promover a compreensão concetual através do envolvimento interativo dos alunos em atividades que explorassem o uso das suas mentes e mãos, com retorno (*feedback*) imediato através de discussões com os seus colegas e com o professor. Cursos ou disciplinas tipo T são aquelas que não fazem uso (ou muito raramente) de métodos de envolvimento ativo, dependendo principalmente de aulas expositivas com alunos passivos, aulas de laboratório tipo receita, e provas de problemas de aplicação de algoritmos. Para ser classificado como tipo IE, o instrutor precisava relatar uso expressivo de métodos IE. Hake observou uma diferença estatisticamente significativa nos ganhos normalizados obtidos em cursos tradicionais ($\langle G \rangle = 0,23$) e cursos com envolvimento interativo ($\langle G \rangle = 0,48$), concluindo que tais métodos são capazes de melhorar consideravelmente a eficácia do ensino de Física. É importante realçar que estudos anteriores sobre concepções espontâneas incluíram recomendações concretas para um ensino de Física, capaz de ajudar alunos a superar concepções alternativas prejudiciais que incorporam abordagens e estratégias enquadradas, naquilo que o Hake denominou “envolvimento interativo”

Os valores de Mazur e Hake são a referência a nível internacional, mas foram aplicados a alunos americanos. Vamos agora comparar com realidades culturais mais próximas.

Para não sermos exaustivos vamos referir apenas dois resultados em Língua Portuguesa, um aplicado a alunos do primeiro ano do ensino universitário e outro aplicado a alunos do 11º ano do ensino secundário. Assim, os grupos do nosso estudo encontram-se, em termos escolares, num ano intermédio aos dos destes estudos.

O estudo com alunos do 1º ano da Universidade foi realizado no Brasil, na Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF) e os resultados médios de ganho normalizado foram respetivamente de $\langle G \rangle = 0,28$ para alunos sujeitos a um método expositivo e de $\langle G \rangle$ entre 35 e 38% para alunos sujeitos a um método de ensino mais interativo (Barros *et al.*, 2004).

Num contexto mais próximo da realidade dos nossos grupos, encontramos uma intervenção realizada em 4 escolas dos concelhos Matosinhos e Espinho, em Portugal, em turmas do 11º ano,

onde o ganho ponderado se situou entre os 11 % e os 12 % para as turmas sujeitas a um ensino mais expositivo e entre 19 e 24% para turmas sujeitas a uma intervenção mais interativa (Briosa, 2011)

As estratégias usadas no método de ensino mais interativo e centrado no aluno, apesar de diferentes, têm bastantes pontos em comum, entre as estratégias de Mazur, Barros e Briosa. No caso de Mazur e Barros, apesar de abordagens práticas distintas ambos tiveram como base os *Tutorials in Introductory Physics* (McDermott *et al.*, 1998). Estes tutoriais foram elaborados com o intuito de suplementar aulas expositivas sem contudo dar ênfase à solução de problemas padrão, com vista à aprendizagem de conceitos físicos importantes e ao desenvolvimento da capacidade de argumentação científica. Tipicamente um tutorial apresenta uma sequência de questões (diretamente relacionadas com uma curta exposição teórica) que levam o grupo a confrontar-se com questões conceptuais que frequentemente fomentam dúvidas entre os alunos- muitas vezes seguindo uma dinâmica similar a um diálogo socrático (Barros *et al.*, 2004). No caso de Briosa, o método interativo assentou na utilização de questões conceptuais e *Physlets* sob a forma de ilustrações, explorações, problemas e atividades experimentais virtuais.

Atendendo a estes factos de estudos externos, vamos analisar criticamente os resultados de cada grupo:

Grupo 1- o Grupo de intervenção.

Verificamos que o resultado médio do ganho normalizado do Grupo 1 (54,92%), ficou aquém do resultado máximo referido por Mazur, mas encontra-se no intervalo de valores por ele defendidos e superou claramente os resultados dos outros estudos, incluindo os resultados alargados a várias instituições de Hake, mesmo considerando o intervalo inferior apresentado na tabela 20.

Tais factos terão alguma explicação. Mazur chegou ao ganho normalizado máximo de 70% com alunos universitários altamente motivados (pertenciam a uma Universidade de topo), pelo que a realidade destes alunos e talvez a sua capacidade de trabalho levaram a que a sua evolução fosse tão acentuada.

O caso dos alunos brasileiros mostra que o facto de estar no nível universitário, recebendo uma formação complementar mais aprofundada, nem sempre garante que os alunos atingiram um pensamento newtoniano mais desenvolvido que o de alunos do ensino secundário. Nas escolas de Matosinhos e Espinho, pelo facto de serem alunos do 11º ano, onde muitos poderiam não ter gosto na disciplina, podendo nem vir a escolhê-la no 12º ano, poderá ter havido uma influência decisiva no facto de que apesar de haver um ganho notório, esse ganho não seja tão efetivo, como o esperado.

Grupo 2- este grupo foi sujeito a um ensino de carater mais expositivo, pelo que se esperava um ganho menor, contudo um ganho relevante, pois os alunos foram sujeitos a um programa de instrução formal de mecânica durante um período escolar.

Incrivelmente o ganho foi de apenas 3,82%, praticamente nulo. O que nos leva a acreditar que o ensino ministrado não surtiu grande efeito.

Convém contudo aqui realçar um facto. Há um pormenor que diferencia claramente o nosso estudo dos outros estudos abordados. Nos outros casos o pós-teste foi aplicado mal terminaram de ser lecionados os conteúdos programáticos, enquanto neste, a instrução da parte da Mecânica deu-se durante o 1º e uma parte muito reduzida do 2º período escolar e o pós-teste só foi aplicado na última semana de aulas do ano letivo (a quase dois períodos escolares de distância da última aula formal sobre mecânica). É nossa convicção de que se o pós-teste tivesse sido aplicado logo no início do 2º período, os resultados atingidos teriam sido mais elevados. Mas ainda bem que assim foi, pois isto permitiu inferir que na realidade alguns dos conceitos alterados pela instrução, acabam por ser novamente trocados a prazo pelas concepções alternativas prévias, nos casos em que essa alteração não tenha sido bem concretizada. Pensamos que é mais uma demonstração da já citada constatação de Mazur (1998) de que apesar de serem capazes de resolver questões quantitativas nas fichas de avaliação- normalmente de forma bastante mecânica (estes alunos tiveram sucesso académico), revelaram no pós teste manter uma concepção não-newtoniana da mecânica. Os alunos dão-se melhor com problemas quantitativos onde a resposta é um número obtido pela substituição de uma ou mais variáveis numa equação, mesmo em problemas mais difíceis que exijam alguma manipulação algébrica (Hestenes *et al.*, 1996).

- **Grupos 3 e 4-** estes grupos não apresentam paralelo nos outros estudos externos, pois os alunos não foram sujeitos a qualquer tipo de intervenção (instrução formal em Física durante o ano letivo); a sua inclusão foi feita unicamente para perceber até que ponto, com o decorrer do tempo sobre o término da sua instrução formal no 11º ano, aumentam ou mantêm as suas concepções alternativas.

No caso do Grupo 4, tal como já foi verificado no Grupo 2, parece que o aumento do intervalo temporal, faz com que a maioria das concepções alternativas se voltem paulatinamente a instalar (talvez nunca tenham verdadeiramente sido desalojadas), como se nunca tivessem tido instrução científica em Física. O facto dos resultados do pós-teste serem inferiores ao pré-teste parece dar razão a esta suposição.

O Grupo 3, tal como o 4, não foi sujeito a nenhuma instrução direta durante o ano do estudo, pois os alunos não estavam inscritos na disciplina de Física. Na realidade, a par da conclusão do Grupo 4, esperar-se-ia que os resultados do pós-teste baixariam, ou, na melhor das hipóteses,

manter-se-iam. Todavia, o curioso é que ocorreu um ganho normalizado de 9,32% até mesmo superior ao do Grupo 2, grupo esse que, recorde-se, teve Física. Foi, então, preciso tentar encontrar uma explicação.

Na procura da explicação, o único facto que realmente parece ter contribuído para que o grupo 3 tivesse melhorado o seu desempenho, é que na verdade, os alunos deste grupo pertenciam às mesmas turmas dos elementos do Grupo 1. Sendo assim haviam participado na filmagem de muitas atividades e tinham assistido ou mesmo contribuído ativamente em muitas das conversas e discussões que se geravam juntamente com os professores de Educação Física. A acrescentar, ocorreu o facto de que alguns elementos do Grupo 1 (10 alunos), também tinham a disciplina de opção Química à mesma hora e com o mesmo professor do Grupo 3 (que era também o professor de Física do Grupo 1), e estes alunos trabalharam com eles de forma muito colaborativa no desenvolvimento de projetos a apresentar em concursos e feiras de ciência.

Chegou-se então à possível explicação, passível de prova, que estas interações ainda que relativamente informais, de discussão e explicação dos projetos aos colegas, onde se analisavam exemplos do quotidiano e conjecturas problemáticas em termos de senso comum, provavelmente tiveram uma influência muito positiva sobre a mudança conceptual dos alunos, mesmo dos que não tinham Física. Parece ter havido uma instrução por “contágio”. A melhor parte é que essa mudança conceptual parece tornar-se duradoura, como verificado pelo resultado do Grupo 1 (lembremo-nos que o pós-teste só foi aplicado no final do ano letivo) e mais duradoura do que o que se verificou nos outros Grupos (2 e 4). Foi só após esta constatação que tomámos consciência das virtudes e potencialidades das feiras de ciência, enquanto veículos de promoção do conhecimento e desenvolvimento científico, abordadas no Capítulo 2. No Anexo C são indicados os projetos desenvolvidos pelos grupos de alunos nas disciplinas de Física e de Química, maioritariamente em regime extracurricular.

Um tratamento estatístico que também poderá ser interessante para o professor é a avaliação dos seus alunos em relação aos resultados esperados dentro do grupo/turma. É evidente que todos os resultados mencionados acima são fortemente influenciados por fatores socioculturais. Um ensino ideal deveria conseguir sobrepor-se a essas influências pela sua efetividade, mas a verdade é que isso é um objetivo muito difícil de alcançar. Esta análise para detetar a evolução e comparação de um aluno com o respetivo grupo/turma, pode ser feita de acordo com a ideia de Glass e Hopkins (1984). Este método também ajuda a esbater o problema da regressão para a média e consiste em utilizar a reta de regressão linear, obtida a partir da representação dos valores do pós-teste em função do pré-teste, para se calcular o valor previsto esperado. Os valores dos ganhos de

aprendizagem são, então, calculados a partir da diferença entre os valores do pós-teste e o valor previsto (a partir da equação da reta de regressão).

Aplicando esta técnica aos dados do Grupo 1, obtemos representação do gráfico

15:

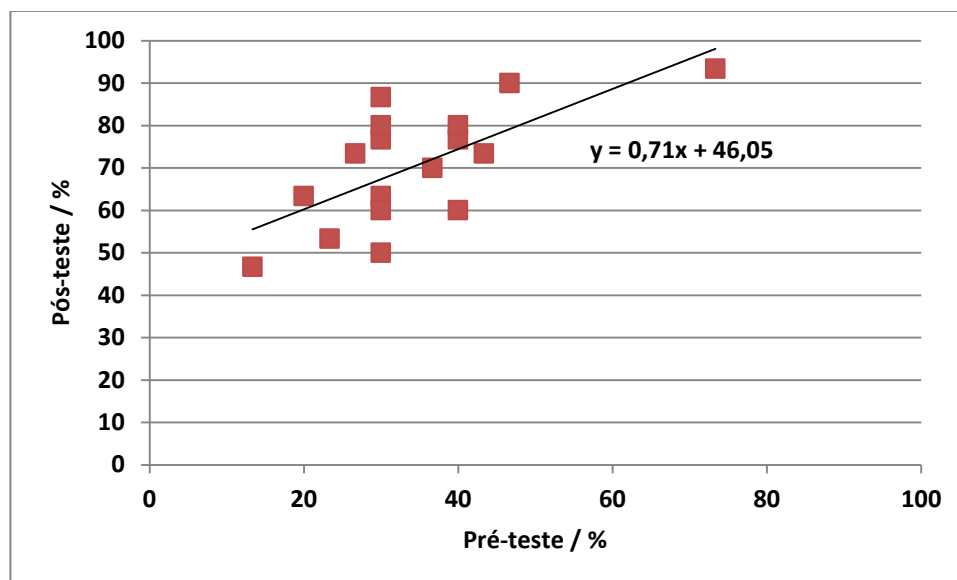


Gráfico 15- Análise de Glass e Hopkins para comparação de cada indivíduo com o esperado dentro do grupo/turma

Não vamos analisar os restantes grupos, pois este foi o único que sofreu a intervenção e é o único que nos interessa a este nível.

Admitindo, então, que é possível aplicar a esta população uma relação linear dos resultados do teste, a reta de equação $y = 0,7093x + 46,053$ obtida representa, neste contexto:

$$\text{Nota pós teste} = 0,71 \times \text{Nota pré teste} + 46,05 \quad (51)$$

Como tal, podemos calcular a classificação esperada para cada aluno, de acordo com o desempenho global dos seus colegas.

O facto do declive da reta de regressão linear do gráfico 15 ser inferior a 1, permite-nos ainda concluir, de acordo com a análise de Glass e Hopkins, que esta intervenção não foi elitista. Este é assim o dado mais importante a retirar desta análise. Fazendo uma análise estatística à reta, podemos verificar que a incerteza máxima associada ao declive é de $\pm 0,19$ e uma incerteza de $\pm 7,24$ ao valor da ordenada na origem. Ainda assim, mesmo admitindo por excesso o máximo valor possível para o declive este continua inferior a 1, o que reforça a percepção de não se ter tratado de uma intervenção elitista. Desta forma, esta intervenção parece mostrar-se adequada e fomentadora de desenvolvimento para todos os tipos de alunos e não apenas para os alunos com uma melhor base cultural, o que nos leva a considerá-la adequada para a generalidade dos alunos do nosso sistema de ensino.

Com base na tabela 18, anteriormente apresentada, que indica as questões onde são avaliadas cada uma das dimensões conceptuais da força, podemos elaborar um gráfico (gráfico 16) que mostre os resultados ponderados em cada uma dessas dimensões para o grupo de intervenção:

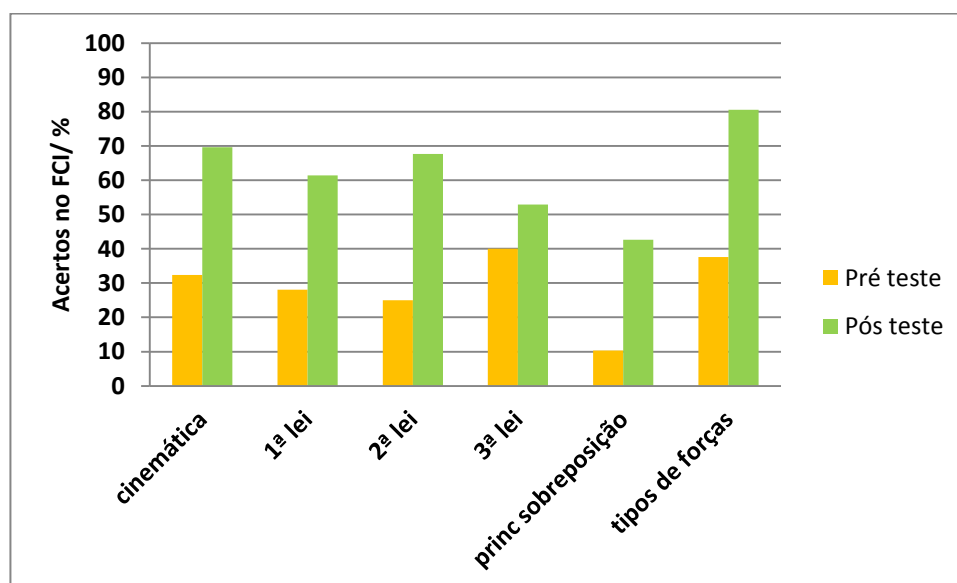


Gráfico 16- Resultados no FCI do Grupo de intervenção por dimensão conceptual

Assim, verifica-se que, apesar de um resultado global francamente positivo, as questões relacionadas com o princípio da sobreposição são as que mantêm resultados globais mais modestos. Esse é um tema aparentemente bem percebido pelos alunos em exercícios numéricos, mas aqui mostram ter ainda muitas confusões conceptuais. Mas mesmo assim, regista-se um elevado ganho de aprendizagem em relação ao pré-teste, mais do que quadruplicando o número de respostas corretas, mas será necessário ter atenção a esta temática numa próxima intervenção.

A outra dimensão onde continuam a persistir mais dificuldades conceptuais é a 3ª Lei de Newton, algo já esperado, pois esta lei tem um significado intrínseco bastante abstracto.

Considerando que o inquirido revela ter um pensamento newtoniano com um resultado superior a 60% no FCI (Mazur, 1997), de acordo com o gráfico 11, apenas a generalidade dos alunos do Grupo 1 revelam ter realizado uma alteração concetual em que a maioria começa a ter um pensamento científico newtoniano. Observemos os valores desse grupo com mais detalhe (gráfico 17):

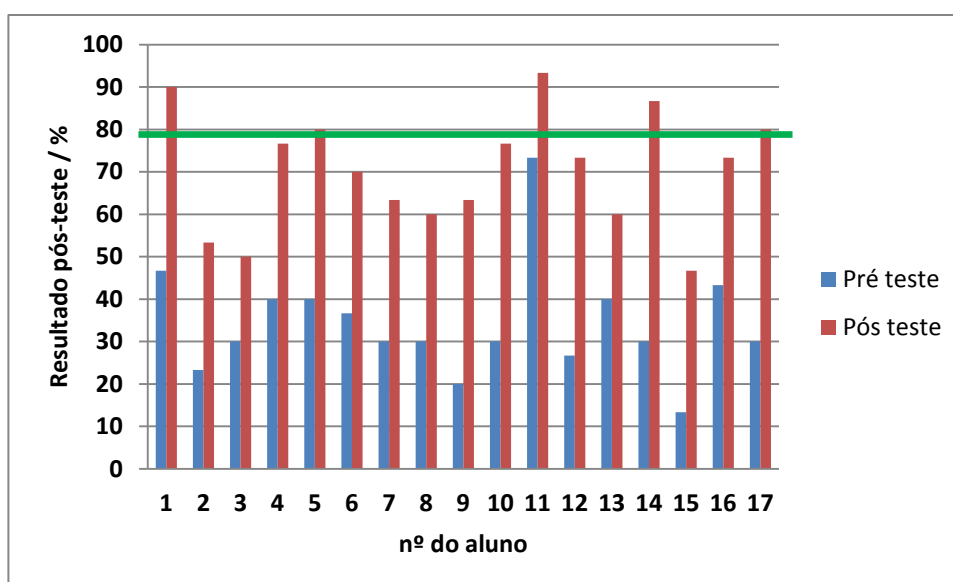


Gráfico 17- Resultados individuais do grupo de intervenção no pós-teste

Pode-se verificar claramente que 5 alunos (em 17) atingiram, ou superaram mesmo, um resultado de 80 %, considerado o valor a partir do qual podemos começar a considerar que os alunos atingiram um nível proficiente na formulação de raciocínio newtoniano.

Resta por fim, assinalar que o professor que procedeu à intervenção só controlou a aplicação dos testes aos Grupos 1 e 3. A aplicação aos Grupos 2 e 4, foi feito por outros professores de Física e Química, mas que alertaram os alunos para a importância da concentração na realização do teste e a importância das respostas serem suas, não tentando copiar, pois os resultados obtidos não seriam usados como elemento de avaliação de qualquer disciplina.

5.2.3- A Outra face da intervenção

Atendendo aos resultados surpreendentemente positivos alcançados pelo Grupo 3 no pós teste, procuramos razões que os explicassem. Como foi mencionado em 5.2.2, estes alunos estiveram presentes e participaram em muitas filmagens, atividades práticas e discussões sobre o que estava a ser realizado e filmado. A acrescentar trabalharam de forma muito colaborativa em parceria com alunos do Grupo 1 no desenvolvimento de projetos a apresentar em concursos e feiras de ciência. Assistiram em várias situações a explicações, apresentações e interações com os alunos de Física. No anexo C são apresentados de forma muito resumida os projetos desenvolvidos por conjuntos de alunos dos Grupos 1 e 3, neste ano letivo. De salientar que os projetos pretenderam além de uma parte mais qualitativa, desenvolver competências de investigação, registo e tratamento quantitativo de dados, para além das competências relacionadas com o desenvolvimento de capacidades de apresentação, argumentação e também sociais.

[Capítulo 6] Conclusão

6.1- Resultados

Face aos dados recolhidos pela aplicação do FCI, esta intervenção pareceu surtir grande efeito junto do grupo intervencionado. Efetivamente, não só houve um ganho normalizado das aprendizagens em termos conceptuais acima de 50 %, como esse ganho parece prevalecer ao fim de algum tempo, dando a esperança que efetivamente se tenha efetuado uma mudança conceptual e o desenvolvimento do poder de análise.

Mostrou-se de forma evidente que um método de ensino que fomentou o envolvimento dos alunos na construção do seu conhecimento utilizando a “mente e as mãos”, citando Hake (1998), potencia o desenvolvimento, aquisição de conhecimentos e principalmente a perduração destes conhecimentos.

As reações dos alunos ao método utilizado foram muito positivas, tendo mostrado bastante empenho e participação em todas as suas fases, incluindo o desenvolvimento de projetos. Numa avaliação final das aulas e do professor, mostraram satisfação pelo método adotado.

Será importante, numa próxima intervenção, abordar os conteúdos de Física com novas atividades, sobretudo aqueles em que os alunos mostrem ter algumas fragilidades.

Nesta conclusão convém também assinalar que em vários momentos foi necessário o professor adotar características de um ensino mais tradicional, pois também estas, de forma bem doseada são importantes para ajudar a assentar ideias e a adquirir conhecimentos processuais e matemáticos, essenciais para o desenvolvimento do processo de ensino e aprendizagem.

Na confluência de todas estas situações, verificou-se um rendimento muito bom dos alunos em todos os tipos de avaliação e com repercussões positivas noutras disciplinas como é o caso de Matemática.

Um dado que de alguma forma nos surpreendeu, o que aumenta ainda mais a sua validade, foi o aparentemente tão grande impacto positivo que este trabalho teve junto dos estudantes que, não tendo Física (Grupo 3), melhoraram os seus conhecimentos pela simples colaboração e participação em discussões para além de “viverem” o desenvolvimento dos projetos dos colegas. A colaboração entre a Física e a Educação Física, normalmente disciplinas que apesar de semelhantes no nome, costumam ser encaradas como incomunicáveis pelos alunos, também veio abrir portas a um maior entendimento futuro e quem sabe a desenvolvimentos de projetos escolares comuns.

Por fim, registamos o único lamento dos alunos envolvidos: esta (nova) abordagem na prática letiva exige (dos alunos) muito mais trabalho!

6.2-Ameaças

Refletindo sobre este trabalho ficamos com a impressão de ter conduzido uma intervenção muito interessante, motivadora e rica. Contudo numa autocritica consciente entendemos que surgiram alguns condicionalismos e ameaças que podem pôr em causa a validade de algumas das conclusões, ou mesmo a sua replicação e melhoramentos futuros.

A primeira ameaça é o já mencionado facto deste estudo não ter usado grupos de amostras aleatórias, mas sim ter procedido à escolha de grupos de estudo por conveniência. O número reduzido de alunos por grupo também condiciona a extrapolação generalista dos resultados obtidos.

O facto dos alunos se terem obviamente apercebido da implementação de um método diferente do habitual pode ter condicionado positivamente o seu desempenho (efeito Hawthorn). Este facto poderá levar a que implementações futuras não tenham um impacto tão positivo.

Um requisito bastante importante pela análise de outros pontos de vista e por introduzir dados pertinentes às discussões será a interdisciplinaridade com os professores de Educação Física e mesmo de outras áreas como a área da Biologia, algo que ficará comprometido se não houver abertura por parte destes.

Ficamos com a impressão de que alguns dos méritos e manutenção de conhecimento a um prazo mais alargado se deveu também ao desenvolvimento de projetos “científicos” paralelos, mas que aplicavam muitos destes conhecimentos ao longo do ano, para além do período de lecionação da Mecânica, pelo que será importante continuar a incutir-lhes o gosto pela “investigação”.

Mas a principal ameaça futura a este estudo surgiu já a no final desta implementação por mão do Ministério da Educação. Esse facto foi a alteração do número de horas de aulas semanais nas disciplinas de opção do 12º ano (Decreto-Lei 50/2012). Assim, de um total de 7 tempos letivos de 45 minutos num total de 315 minutos ($90 + 90 + 135$), a disciplina passou a contar com apenas 4 tempos de 45 minutos ($90 + 90$) ou mesmo apenas 3 tempos de 50 minutos ($50 + 110$), nas escolas que optaram por tempos de 50 minutos. Ou seja num ano passa-se de 315 minutos semanais, que atendendo à disciplina e conteúdos às vezes se tornavam curtos, para apenas 150 minutos (menos de metade), mas mantendo exatamente o mesmo programa curricular. Obviamente que isto obrigará, sem qualquer dúvida, a uma degradação do ensino da Física no 12º ano. Se somarmos a este enorme problema o antecedente ocorrido no ano letivo 2011/2012, a eliminação da disciplina de Área de Projeto, então este problema parece ainda mais amplificado.

Sabe-se que sem Área de Projeto, foi muito dificultado, em meio escolar, o desenvolvimento e aplicação de projetos e ideias, e que essa responsabilidade foi passada para as aulas. Assim, com a diminuição destas, essa responsabilidade será completamente descartada pela quase totalidade dos professores.

Tememos, por estes factos, que ocorrerá uma regressão na implementação de métodos mais interativos e centrados no desenvolvimento dos alunos.

6.3- Desenvolvimentos e projetos futuros

De modo a confirmar a validade da intervenção e o aparente impacto na mudança conceptual duradoura e aumento da capacidade de análise e formulação de hipóteses coerentes, seria necessário voltar a aplicar este teste a estes grupos de alunos ao longo de alguns anos (algo que se afigura muito difícil devido ao facto de cada um deles seguir caminhos completamente distintos pela sua saída desta escola). Uma solução mais exequível será implementar (e melhorar) esta intervenção (ou uma adaptada) a novos grupos de alunos nos próximos anos.

Com o desenvolvimento de projetos subjacente a esta intervenção, surgiram outras ideias tais como a aplicação envolvendo o uso do *WiiMote* (figura 38), o comando da consola *Wii* da Nintendo. No caso desta intervenção aplicou-se a sua utilização conjunta com outro acessório da consola a *Wii balance*, para a determinação do centro de gravidade de um corpo estático ou em movimento e na aplicação que levou à construção de uma parede interativa, um dos projectos indicados no anexo C. Estes trabalhos tiveram por inspiração a aplicação desenvolvida por Johnny Lee da *Carnegie Mellon University* (<http://johnnylee.net/projects/wii/>). O próximo passo será o aproveitamento das potencialidades deste dispositivo, que é relativamente barato, que pode trazer para as escolas a possibilidade de realizar experiências até agora impensáveis. Essa impossibilidade estava relacionada com o elevado custo dos sensores e interfaces disponíveis no mercado para o estudo de muitas situações em mecânica. O comando da consola o *WiiMote* possui 3 acelerómetros acoplados, além de um módulo de comunicação Bluetooth com o *pc* e um detetor de infravermelhos para se orientar no espaço, pelo que possibilita uma aquisição automática de dados, em tempo real e sem fios. Será neste pormenor que mais nos iremos empenhar num futuro próximo.

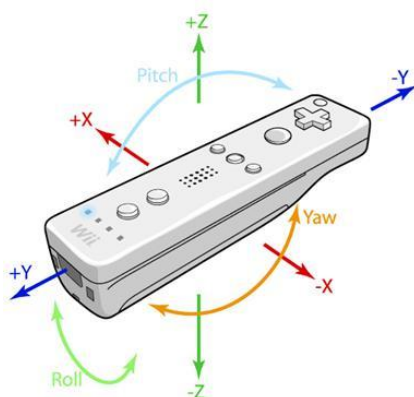


Fig. 38- Comando WiiMote é um acelerómetro 3D que pode comunicar por bluetooth

Chegados ao final deste trabalho damos como bem empregue o tempo envolvido. O seu legado mais importante é ter feito com que não apenas uma pequena minoria, mas todos os alunos do grupo de intervenção tivessem prazer em estudar Física e mostrassem esse gosto aos restantes colegas da escola, motivando-os para a escolha desta disciplina.

Bibliografia

- Aguiar, CE, Rubini, G**, 2004, A aerodinâmica da bola de futebol (Aerodynamics of the soccer ball), Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 26, n.4
- Hall, SJ**, 2000, Bomecânica Básica, Editora Guanabara Koogan S.A. , Rio de Janeiro
- viel, E** (coord.), 2011), A marcha Humana, a Corrida e o Salto- Biomecânica, investigações, normas e disfunções (versão em português), Editora Manole, São Paulo
- Adams, RD**, 1998, Neurologia 2^a ed., Mcgraw Hill, Rio de Janeiro,
- Almeida, AM**, 2001, Educação em Ciências e Trabalho Experimental: Emergência de uma nova concepção, Departamento de Metodologias da Educação, Universidade do Minho, Braga in Verissimo, A (org) et al, 2001, Ensino Experimental das ciências, Departamento do Ensino Secundário
- Alonso, M, Finn, EJ**, 1995, Física- Um Curso Universitário, vol. 1 Mecânica, Editora Edgard Blucher
- Amaro, A**, 2006, Utilização de vídeo digital no trabalho laboratorial em ensino da Química: uma experiência no 12º ano, Dissertação de Mestrado, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto
- Aparicio, M**, 2010, O papel dos Clubes de Ciência na aprendizagem da Física e da Química (dissertação de mestrado), Universidade Portucalense, Porto
- Aragão, R, Schneltzer, R**, 1995, Importância, sentido e contribuições de pesquisas para o ensino da Química – Química Nova na Escola nº1
- Arturo, R**, 2001, consultado em 28/09/2012, <http://aprendeenlinea.udea.edu.co/revistas/index.php/ceo/article/viewFile/1498/1155>
- Ausubel, D**, 1968, Educational Psychology of Meaningful verbal mearning, Grune & Statton, Nova Iorque
- Bachelard, G**, 1947, La formation de l'esprit scientifique, J. Vrin, . Paris in Abreu, ES, 1996, A formação do espírito científico Contraponto, Rio de Janeiro
- Barros, J A, Remold, JS, GSF, Tagliati, JR**, 2004, Engajamento interativo no curso de Física I da UFJF, Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 26, n. 1
- Boyle, T**, 1997- Design for multimedia learning. Londres: Prentice Hall Europe, 1997 in Morais, C, 2006
- Briosa, E**, 2011, Aprendizagem de Mecânica de Sólidos e Fluidos em Escolas Secundárias - O Impacto de Materiais Interativos e a sua Exploração Educacional, Tese de Doutoramento, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto
- Brook, A, Driver, R, Johnston, K**, 1989, Learning Processes in Science: A Classroom Perspective, in Wellington, J , 2005, Skills and Processes in Science Education, Routledg, London
- Bruner, J**, 1973, The process of Education. (12ª ed.) Cambridge: Harvard University Press In Saraiva-Neves, M. et al., 2006, Repensando o papel do trabalho experimental, na aprendizagem da física, em sala de aula – um estudo exploratório, Investigações em Ensino de Ciências – 11(3)
- Cachapuz, A**,1989, Por um Ensino Relevante da Química, Boletim Sociedade Portuguesa de Química n 36 , Sociedade Portuguesa de Química,
- Cachapuz, A, Praia, J, Jorge, M**, 2000, Perspectivas de Ensino das Ciências, In Cachapuz, A. F. (Org.) Perspectivas de ensino. 1ª ed, Porto: Centro de Estudos de Educação em Ciência
- Caldeira, H, Bello, A, Gomes, J**, 2009, Ontem e Hoje-Física-12º ano, Porto Editora
- Carmen, L**, 2000, Los trabajos prácticos In Perales J. & Cañal P. (Org.), Didáctica de las ciencias experimentales, Alcoy: Editorial Marfil
- Carmo, H, Ferreira, M**, 1998, Metodologia da Investigação: Guia para auto-aprendizagem, Universidade Aberta, Lisboa
- Carrier, JP**, 1998, S'informer et communiquer, Vers l'Education Nouvelle, nº 487

- Carvalho, AP**, 2010, Conselho Nacional de Educação, consultado em 28/09/2012, http://www.cnedu.pt/index.php?option=com_content&view=article&id=364:educacao-nao-formal-e-informal-no-iec&catid=42:noticias-e-cne&lang=en&Itemid=
- Carvalho, PS, Sousa, AS, Paiva, J, Ferreira, AJ**, 2012, Ensino Experimental das Ciências- Um guia para professores do ensino secundário- Física e Química, U Porto Editorial
- Carvalho, R**, 1995, A Física no dia-a-dia , Editora Relógio d'Água, Lisboa
- Cavanagh PR, Kram R**, 1990, Stride length in distance running: velocity, body dimensions, and added mass effects, In Cavanagh PR (ed) Biomechanics of distance running. Human Kinetics, Champaign, vol. III
- Chaves, R**, 2003, O Trabalho de Campo em Geologia na Formação Inicial de Professores. Uma nova orientação Didáctica, Tese de Mestrado, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.
- Coehn, L, Manion, L**, 1994, Research methods in education, Routledge, New York
- Cohen, L., Manion, L**, 2005, Research Methods in Education (5 ed.) London: RoutledgeFalmer, In Boavida, CP, 2008, Avaliação da Formação Contínua de Professores no Distrito de Setúbal, Tese de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa
- Crosland, M**, 2005, Early laboratories c.1600-c.1800 and the location of experimental science, Annals of Science, 62
- Dodd, KJ, Morris, ME, Matyas, TA**, 1998, Lateral pelvic displacement of the femoral diaphysis during growth, Surg. Radiol. Anat. nº19
- Doolittle, PE**, 2002, Online Teaching and Learning Strategies: An Experiential Exploration of Teaching, Learning, and Technology. Virginia: Department of Teaching and Learning
- Dourado, L**, 2001, Trabalho Prático, trabalho laboratorial, trabalho de campo e trabalho experimental no ensino das ciências – contributos para uma clarificação de termos, in Verissimo, A (org) et al, 2001, Ensino Experimental das ciências, Departamento do Ensino Secundário
- Driver, R, Guesne, E, Tiberghien, A**, 1985, *Some features of children's ideas and their implications for teaching*, in Driver, R, Guesne, E, Tiberghie, A (Eds) *Children's ideas in science* (Buckingham, Open University Press
- Duarte, M**, 2002, Estimação da Performance em eventos esportivos utilizando a mecânica clássica e modelos analíticos, in Barbanti, V.J., Amadio, AC, Bento, JO, Marques, AT (ed.) Esporte e Atividade Física. São Paulo, Manole.
- Edwards, S**, 1999, Fisioterapia Neurológica: Uma Abordagem Centrada na Resolução de Problemas, Porto Alegre, Artes Médicas Sul
- Einstein, A**, 1953, Mein Weltbild, in Andrade. HP (trad), 1981, Como vejo o mundo, Nova Fronteira, Rio de Janeiro.
- ESDAH, 2010**, Projeto Educativo da Escola 2010-2013, consultado em 28/09/2012, <http://www.esdah.net/moodle/mod/resource/view.php?id=4539>
- Esteves, ZQ, Costa, M**, 2011, Feiras de Ciências nas escolas portuguesas. Actas do XIV Encontro Nacional de Educação em Ciências / Braga, Universidade do Minho
- Figueiredo, A**, 1995, O futuro da educação perante as novas tecnologias. Universidade de Coimbra, consultado em 28/09/2012, <http://eden.dei.uc.pt/~adf/Forest95.htm>
- Freire, P**, 1992, Pedagogia da Esperança: Um reencontro com a Pedagogia do Oprimido, Pedagogia do Oprimido- Notas de Ana Maria Araújo Freire, Paz e Terra, Rio de Janeiro
- Freitas, J, Ruivo**, 1991, Promover a Mudança Conceptual. Lisboa: Edições ASA.
- Foundation Coalition**, 2001, consultada em 28/09/2012, http://www.foundationcoalition.org/home/keycomponents/assessment_evaluation.html
- Garcia Barros, S, Nartínes Losada, C. e Mondelo Alonso, M**, 1998, Hacia la innovación de las actividades prácticas desde la formación del profesorado, Enseñanza de las Ciencias, 16 (2),
- Glass, G., Hopkins, K**, 1984, Statistical methods in education and psychology, Allyn and Bacon,

Boston

- Goff, J E, Carré, M J**, 2010, Soccer Ball lift coefficients via trajectory analysis, *European Journal of Physics* 31
- Gomes, MAF e Parteli, EJR**, 2001, A Física nos esportes, *Revista Brasileira do Ensino da Física*, vol 23
- Gross, J**, 2000, Exame Musculoesquelético, Porto Alegre, Artes Médicas Sul
- Gubstone, R e Watts, M**, 1985, Force and Motion, in Driver, R, Guesne, E, Tiberghie, A (Eds) *Children's ideas in science* (Buckingham, Open University Press
- Hake, RR**, 1998, Interactive-engagment versus traditional methods: a six-thousand-students survey of mechanics test data for introductory physics courses, *American Journal of Physics*, 66 (1)
- Halliday, D, Resnick, R, Walker, J**, 2006, Fundamentos de Física vol.1 - Mecânica, Livros Téc. e Cient. Editora
- Halloun, IA e Hestenes, D**, 1985a, The Initial Knowledge state of college physics students. *American Journal of Physics*, 53 (11)
- Halloun, IA. & Hestenes, D**, 1985b, Common sense concepts about motion. *American Journal of Physics*, 53 (11)
- Hamadache, A**, 1991, L'Éducation Non Formelle: Concept et Illustration. *Revista Perspectives*, nº77 vol XXI
- Hay, J. G.** (1993) *The biomechanics of sports techniques* 4th edition, Prentice-Hall
- Herman, I**, 2007, *Physics of the Human Body, Dimensional analysis and scaling laws*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg
- Hestenes, D. & Halloun, I**, 1995, Interpreting the Force Concept Inventory. *The Physics Teacher*, 33
- Hestenes, D. & Wells, M**, 1992, A Mechanics Baseline Test. *The Physics Teacher*, 30
- Hestenes, D**, 1996, Modeling Methodology for Physics Teachers, *Proceedings of the International Conference on Undergraduate Physics Education*, College Park, USA.
- Hestenes, D, Wells, M, Swackamer, G**, 1992, Force Concept Inventory, *The Physics Teacher*, 30
- Hill, MM, Hill, A** 2000, *Investigação por questionário*, (1ª edição), Edições Sílabo, Lisboa
- Hodson, D**, 1988, *Experiments in science and science teaching, Educational philosophy and theory*, 20 (2)
- Hodson, D**, 2000, The place of practical work in science education, in Sequeira, M., Dourado L., Vilaça, M., Silva J., Afonso A. e Baptista, J. (Orgs) *Trabalho prático e experimental na educação em ciências*; Universidade do Minho, Braga.
- Inman, V. T., Ralston H. J. Todd F**, 1981, *Human Walking*. London, William & Wilkins
- Knight, RD**, 2004, *Five Easy Lessons*, Addison Wesley, Pearson Education, San Francisco
- Kuo, AD, Donelan, JM, Ruina, A**, 2005, Energetic consequences of walking like an inverted pendulum: Step-to-step transitions, *Exercise and Sport Sciences Reviews*
- Leite, L**, 2001, Contributos para uma utilização mais fundamentada do trabalho laboratorial no ensino das ciências, in Dourado, L; *Trabalho Prático, Trabalho Laboratorial, Trabalho de Campo e Trabalho Experimental no Ensino das Ciências - contributo para uma clarificação de termos*; Instituto de Educação e Psicologia da Universidade do Minho
- Lopes, A**, 1996, Bachelard: O Filósofo da desilusão. *Cad. Cat.Ens.Fis.*, v.13,n3
- Lopes, G**, 1994, Supervisão do trabalho Experimental no 3º ciclo do Ensino Básico: Um modelo Inovador. Tese de Mestrado em Ciências da Educação. Universidade de Aveiro
- Maarschalk, J**, 1988, Science Literacy and Informal Science Teaching, *Journal of Research in Science Teaching*, nº25
- Maciel, N, Villate, JE, Azevedo, J, Barbosa, FM**, 2009, *Eu e a Física 12- 12º ano*, Porto Editora
- Mann, R.A. e Hagy, J**, 1980, Biomechanics of walking, running and sprinting, *American Journal of Sports Medicine*, 8
- Martins, A**, 2005, *Física 12º ano*, Asa Editora

- Martins, A, Malaquias, I, Martins, D, Campos, A, Lopes, J, Fiúza, E, Silva, M, Neves, M, e Soares, R,** 2002, Livro Branco da Física e da Química- Diagnóstico 2000 Recomendações 2002. Lisboa: Sociedade Portuguesa da Física e Sociedade Portuguesa da Química.
- Martins, IP, Veiga, ML,** 1999, Uma análise do currículo da escolaridade básica na perspectiva da educação em ciências, Instituto de Inovação educacional, Lisboa
- Mazur, E,** 1997, Peer Instruction- A User's Manual, Prentice-Hall, New Jersey
- McDermott. LC,** 1984, Research on conceptual understanding in mechanics, Physics Today, 37
- Mercer, JA, Vance, J, Hreljac, A, Hamill, J,** Relationship between shock attenuation and stride length during running at different velocities, Eur J Appl Physiol nº87
- Miguéns, M,** 1999, O trabalho Prático e o Ensino das Básico. Colóquio Ensino Experimental. Conselho Nacional de Educação.
- Millar, R,** 2004, The role of practical work in the teaching and learning of science, University of York, National Academy of science, Washington, DC
- Ministério da Educação, 2004,** Programa de Física do 12º ano, consultado em 28/09/2012, http://www.dgidec.min-edu.pt/data/ensinosecundario/Programas/fisica_12.pdf
- Ministério da Educação, 2006,** Programa de Área de Projeto do 12º ano, consultado em 28/09/2012, <http://www.educacao.te.pt/images/programas/pdf/programa174.pdf>
- Morais, C,** (2006), "+ Química Digital" Recursos digitais no ensino da química: uma experiência no 7ºano de escolaridade, Dissertação de Mestrado em Educação Multimédia, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto
- Moreira, JR,** 2007, Concepções e práticas lectivas de Professores em Formação Inicial: um estudo a partir do caso de professores de Ciências Naturais. Tese de Doutoramento. Porto: Faculdade de Psicologia e Ciências da Educação
- Norbis, G,** 1971, Didáctica y Estructura de los medios audiovisuales. Buenos Aires: Editorial Kapelusz
- Olenick, RP,** 2005, Stop I can't Fit Anything More Into My Head: How Students Learning Physics", NSTA High School Breakfast Talk, NSTA Annual Conference, Dallas
- Paiva, JC,** 1997, A internet na educação. Revista Brotéria, 145
- Paiva, JC,** 2005, As TIC no ensino das Ciências Físico-Químicas, Encontro de Educação em Física: O Ensino da Física no século XXI, Braga
- Pedrinaci, E, Equeiros, L, Garcia, E,** 1992, *El trabajo de campo y el aprendizaje de la Geología, Alambique, nº2*
- Perez, G, Carrascosa, J,** 1985, Science, Learning as conceptual and methodological change, European Journal of Science Education, nº7
- Piaget, J, (1969). Psychologie et Pédagogie, Bibliothèque Médiations. Paris: Éditions Denöel in Saraiva-Neves, M. et al. (2006). Repensando o papel do trabalho experimental, na aprendizagem da física, em sala de aula – um estudo exploratório. Investigações em Ensino de Ciências – 11(3)
- Pires, L,** 2007, Recursos digitais para o ensino da Química no 10º ano (dissertação de mestrado), Faculdade de Ciências da Universidade do Porto
- Ponte, J,** 1997, O computador- Um instrumento da Educação, Texto Editora
- Pope, M, Gilbert J,** 1983, Personal Experience and the Construction of Knowledge in Science, Science Education, vol.67, nº 2
- Pozo, J,** 1996, Las Ideas del alumnado sobre la ciencia, de onde viene, a dónde van ... E mientras tanto lo que hacemos con ellas, Alambique, nº7
- Pro, A,** 2000, *Actividades de laboratorio y enseñanza de contenidos procedimentales*, in Sequeira M et al. (Orgs), *Trabalho prático e experimental na educação em ciências*. Braga: Universidade do Minho

- Professor aprendiz**, 1995, - O professor aprendiz- Criar o futuro, Programa Europeu Petra II, Acção II, Ministério da Educação, Departamento do Ensino Secundário
- Puri, A**, 1996, The Art of Free-body Diagram, Physics Education, 31
- Quartiero, E**, 2009, As Tecnologias da Informação e Comunicação e a Educação, Revista Brasileira de Informática na Educação, 4
- Rosa, LM**, 1999, II Encontro de Nacional de Centros de Recursos Educativos, painel “Centro de Recursos: um espaço de aprendizagens múltiplas”, Almada
- Rosa, P**, 2010, Algumas questões relativas a Feiras de Ciências: Para que servem e como devem ser organizadas. Cad. Cat. Ens. Fís., v. 12, nº 3
- Salgueiro, L, Ferreira, JG**, 1991), Introdução à Biofísica, Fundação Caloust Gulbenkian, Lisboa
- Santos, M**, 1991, Mudança Conceptual na sala de aula - Um desafio pedagógico cientificamente fundamentado, Livros Horizonte
- Senge, M**, 2001, Illuminating the Blind Spot: Leadership in the Context of Emerging Worlds, consultado em 28/09/2012, <http://www.enhyper.com/content/leadership.pdf>
- Silva, MA, César, M**, 2005, Ver e Inovar: Actividades Experimentais em Ciências Físico-Químicas. Enseñanza de las Ciencias. Número Extra. VII Congreso
- Smith, MK**, 2002/2009, Informal Education in schools and colleges, The encyclopaedia of informal education, consultada em 28/09/2012, <http://www.infed.org/schooling/inf-sch.htm>
- Sousa, AS, Carvalho, PS**, 2011, Utilização dos sensores no ensino das ciencias, Gazeta da Física, vol.34, 3-4
- Sprinthall, N, Sprinthall, R**, 1993, Psicologia Educacional: Uma abordagem Desenvolvimentalista, McGraw-Hill, Lisboa
- Tavares, J, Alarcão, I**, 1992, Psicologia de Desenvolvimento e da Aprendizagem, Almedina Editora.
- Thornton, RK, Sokoloff, DR**, 1998, Assessing student learning of Newton's Laws: The Force and Motion Conceptual Evaluation and the Evaluation of Active Learning Laboratory and Lecture Curricula, American Journal of Physics, 66
- Thurber, WA, Collette, AT**, 1968, Teaching Science in Today's Secondary Schools, Allyn and Bacon, Boston
- Thompson, DW**, 1992, On Growth and Form - The complete revised edition, Dover, New York
- Trochim, W**, 2002; Regression to the mean, consultado em 28/09/2012, <http://trochim.Human.cornell.edu/kb/regmean.htm>
- Ventura, G, Fiolhais, M, Fiolhais, C, Paixão, J**, 2009, 12 F Física 12º ano, Texto Editores
- Wandersee, H**, 1986, Can the story of Science help science education anticipate student's misconceptions? Journal of Research in Science Teaching, 23
- Wellington, J**, 1998, Practical work in school science; 1st Edition; Routledge; London and New York.
- Woolnough, B**, 1991, *Setting the scene in Woolnough, B. (Ed.), (1991) Practical science*, Cambridge University Press, Cambridge
- Woolnough, B., Allsop, T**, 1985, *Practical Work in Science*, Cambridge University Press, Cambridge

[Anexos]

[Anexo A] Tutorial Tracker (versão 4.50)



INTRODUÇÃO	2
[1]- INTERFACE GRÁFICA.....	4
[2] SELEÇÃO DA LÍNGUA DE ESCRITA DOS MENUS	5
[3] CARREGAMENTO DO VÍDEO A ANALISAR.....	5
[4] SELEÇÃO DA PARTE DO VÍDEO A ANALISAR	6
[5] SISTEMA DE COORDENADAS	7
[6] CALIBRAÇÃO DAS MEDIDAS	8
[7] PROPRIEDADES AVANÇADAS DO SISTEMA DE COORDENADAS – SISTEMA DE COORDENADAS MÓVEL.....	9
[8] AMPLIAÇÃO (ZOOM) DAS IMAGENS PARA MELHOR PRECISÃO.....	10
[9] INSTRUMENTOS DE MEDIDA – RÉGUA E TRANSFERIDOR.....	11
[10] CRIAÇÃO DE UM PONTO DE MASSA - PONTO A SER SEGUIDO NO MOVIMENTO	12
[11] MARCAÇÃO MANUAL DA TRAJETÓRIA DE UM MOVIMENTO	13
[12] MARCAÇÃO AUTOMÁTICA DA TRAJETÓRIA DE UM MOVIMENTO.....	13
[13] TRATAMENTO DOS DADOS RECOLHIDOS.....	15
[14] COPIAR DADOS PARA OUTRO DOCUMENTO	17
[15] TRATAMENTO DE DADOS NO <i>TRACKER</i>	18
[16] COMPARAÇÃO DOS DADOS REAIS DO MOVIMENTO COM O MODELO TEÓRICO.....	19
[17] DETERMINAÇÃO DO CENTRO DE MASSA DE UM SISTEMA	20
[18] MODELOS DE PARTÍCULAS	21
[19] INTRODUÇÃO DE VETORES DE GRANDEZAS DO MOVIMENTO.....	26
[20] GUARDAR O TRABALHO NUM ARQUIVO TRACKER (.TRK)	28
[21] EXPORTAÇÃO DE UM CLIP DE VÍDEO	28
[22] FILTROS DE VÍDEOS	29

Tutorial Tracker

Introdução

O *Tracker* é um programa de análise de vídeo desenvolvido por Douglas Brown, no âmbito do projeto *Open Source Physics* (OSP). Este software foi projetado para ser usado em contexto educacional na disciplina de Física.

Através da modelação de vídeo, o *Tracker* permite combinar a sucessão de imagens com modelos computacionais. Inclui como característica básica o seguimento da posição de objetos, apresentando a sua velocidade e a sua aceleração. Também cria gráficos e podem ser ativados filtros com efeitos especiais, múltiplos pontos de referência, pontos de calibração, linhas de perfil para análise do espetro, padrões de interferência e modelos dinâmicos de partículas. Este software permite ainda exportar os dados recolhidos para serem tratados noutras aplicações externas.

O *Tracker* (OSP) pode ser descarregado gratuitamente no sítio <http://www.cabrillo.edu/~dbrown/tracker/>.

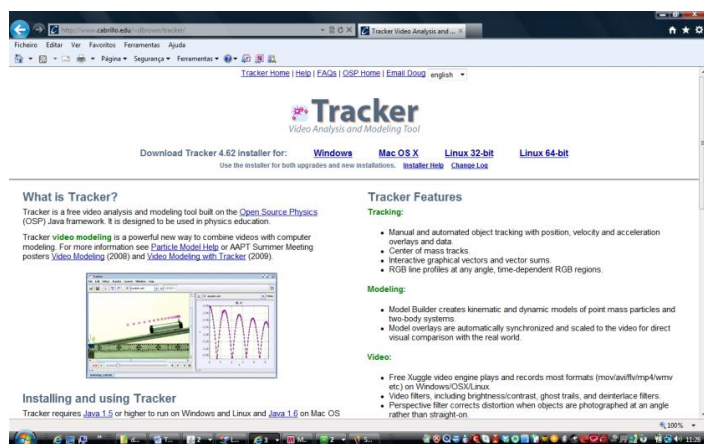


Figura 1- Sítio de descarga do Tracker

Este tutorial pretende mostrar de uma forma rápida, simples e não exaustiva as principais funcionalidades (sem contudo as esgotar) do *Tracker*.

O Utilizador irá verificar que com o uso, o seu modo de funcionamento se torna bastante intuitivo e constatará que há muitas formas alternativas de executar as diferentes ações, quer através das barras de menus, quer através dos ícones de acesso rápido, quer mesmo usando o botão esquerdo e principalmente o botão direito do rato.

Antes de começar, resta apenas referir que nem todas as extensões de gravação de vídeo são aceites. Contudo isso não é problema, pois há vários programas que convertem uns formatos de vídeo noutros. Uma vez que este software trata da análise de imagens com base em referenciais, também será aconselhável que os vídeos usados tenham uma orientação de filmagem adequada e o mais estável possível, aconselha-se assim a filmagem com tripé de estabilização. Algo importante será equilibrar o brilho e saturação das imagens, nos casos em que a sua perceção possa ser melhorada.

- Para alterar o tipo de vídeo, aconselha-se o uso de software livre e de download gratuito em vários sítios da internet, como por exemplo o “*Any Vídeo Converter*”, versão gratuita, cujo modo de funcionamento é muito fácil e intuitivo. Aconselha-se a conversão para o tipo de Vídeo MP4, com as dimensões originais.

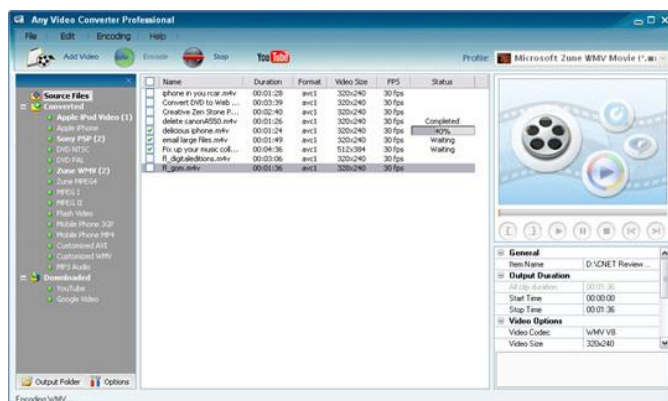


Figura 2- Interface gráfica do conversor de vídeo “Any Video Converter”

- Para um ajustamento na orientação dos vídeos, caso tenham sido filmados na horizontal, ou mesmo para inverter o eixo de simetria vertical, pode ser usado o *software* livre, também disponível para *download* grátis, “Free Vídeo Flip and Rotate”. O *Tracker* também tem uma ferramenta que permite executar esta ação; para tal consulte o ponto [22], “Filtros de Vídeo”.

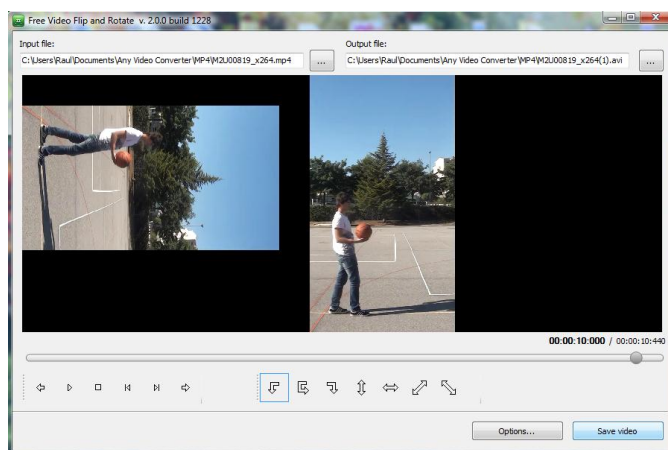


Figura 3- Interface gráfica do Free Video Flip and rotate

- Para melhorar o brilho ou saturação da imagem, pode ser feito um tratamento preliminar em qualquer programa de tratamento de imagem, ou então usar as funcionalidades do filtro de vídeo do *Tracker*; para tal consulte também o ponto [22], “Filtros de Vídeo”.

[1]- Interface gráfica

A interface gráfica é bastante simples estando dividida em 3 zonas principais: a área de visualização e tratamento do vídeo e duas áreas adjacentes, onde aparecem automaticamente os gráficos e as tabelas de dados dos movimentos.

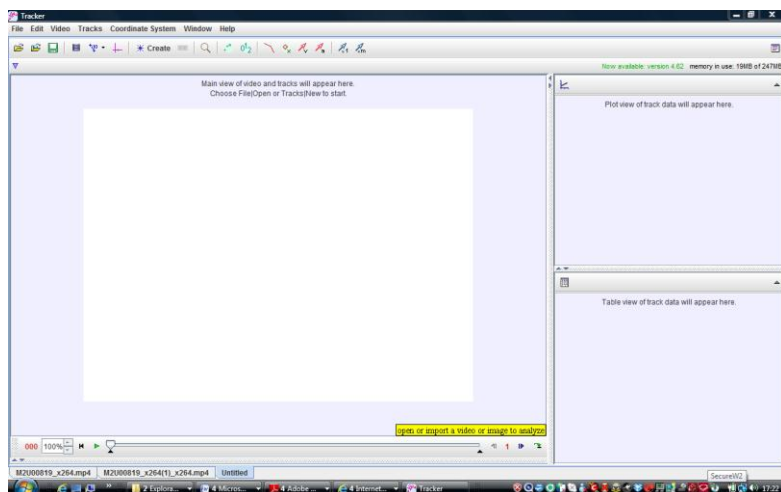


Figura 4- Janela inicial de abertura do Tracker

Nas secções seguintes são explicadas as funções que podem ser encontradas em cada separador das barras de menus do *Tracker*. Além dos separadores das barras de menu, o programa tem ainda alguns ícones de acesso rápido que são apresentados na próxima imagem.

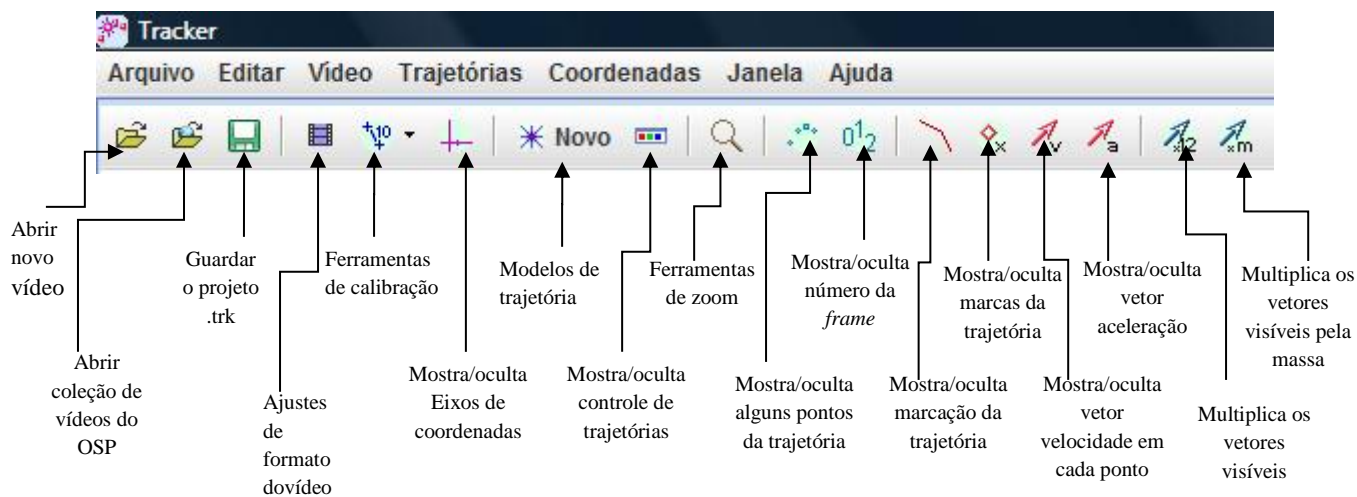


Figura 5- Ícones de acesso rápido do Tracker

[2] Seleção da Língua de escrita dos menus

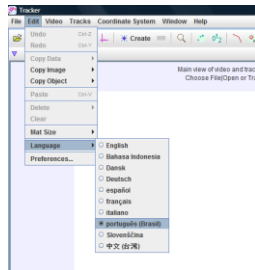


Figura 6- Seleção de língua

Se quiser usar o *Tracker* em Português, clicar em Edit => Language => Português (Brasil)

[3] Carregamento do vídeo a analisar

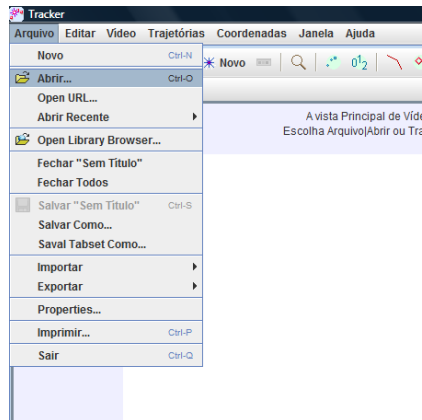


Figura 7- carregamento de um vídeo

Para seleccionar o vídeo a ser analisado, clicar em Arquivo => Abrir

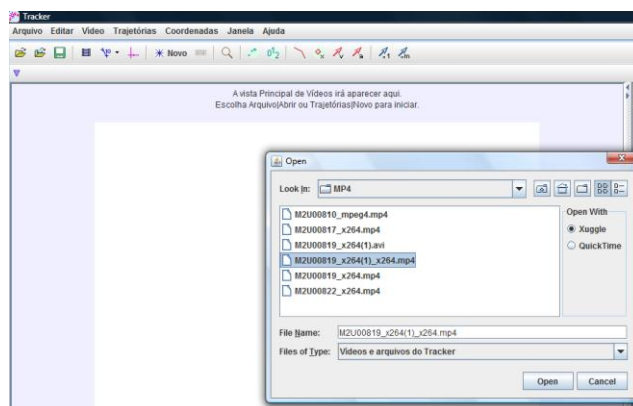


Figura 8- Escolha do vídeo a ser carregado

Para escolher o vídeo na pasta onde este estiver guardado, seleccioná-lo e clicar em Open.

[4] Seleção da parte do vídeo a analisar



Figura 9- Seleção dos frames a estudar

Avançar o vídeo até ao ponto onde quer começar o estudo, clicando na seta verde [A].

Pode avançar *frame a frame*, clicando no avanço ou recuo das setas azuis [B].

Pode (e deve) escolher os instantes inicial e final do intervalo do vídeo que pretende estudar, deslocando os cursores [C] para os pontos inicial e final.

Pode ver sempre o número do *frame* em exibição na janela, o que ajuda na escolha do intervalo de estudo [D].

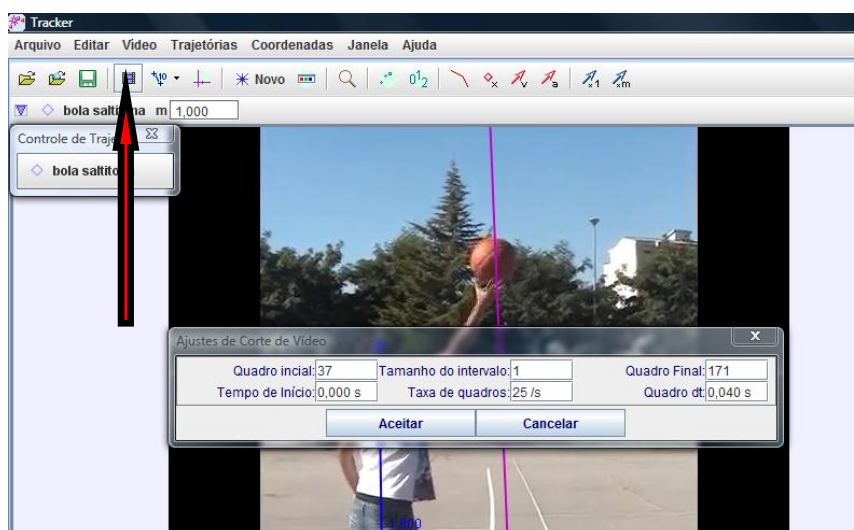



Figura 10- Seleção direta dos frames inicial e final

Outra forma alternativa de definir os pontos iniciais e finais de análise do vídeo é clicar sobre o botão  e de seguida definir os valores. Na caixa de diálogo de configurações, indicar o **quadro (frame) inicial** e o **quadro (frame) final** para definir o intervalo que deseja analisar

[5] Sistema de coordenadas

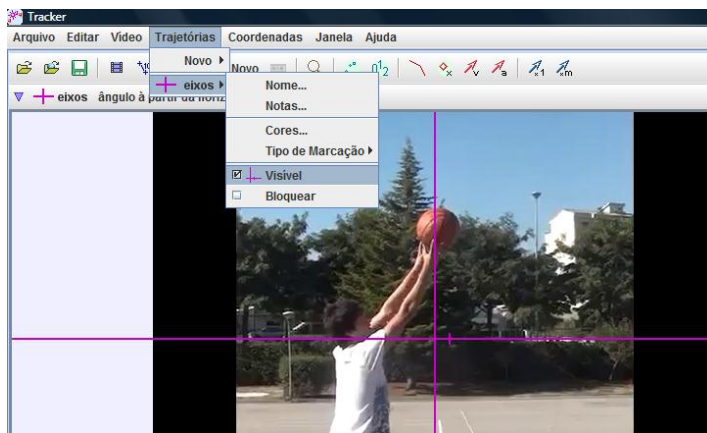


Figura 11- Inserir eixo

Inserir o sistema de eixos que definirá as coordenadas de posição de qualquer ponto da imagem.

Clicar em Trajetórias => eixos => Visível. Automaticamente, aparecerá um sistema de eixos sobre a imagem.

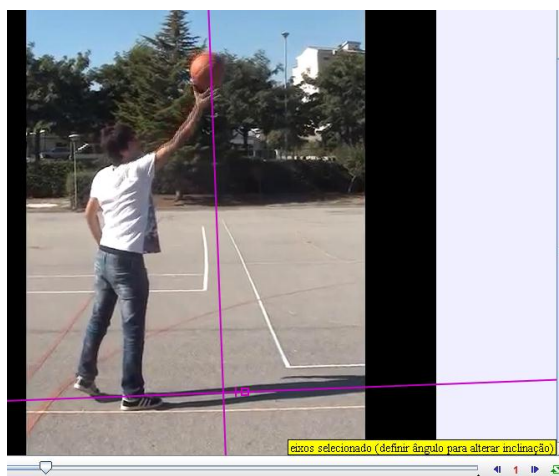
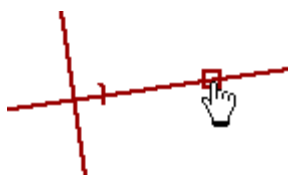
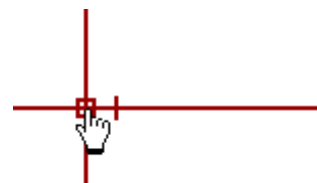


Figura 12- Alinhar eixo

Posicione a origem do referencial no local que desejar, colocando o cursor sobre a origem e arrastando-o para o local desejado.



Por mau posicionamento da câmara, pode acontecer ter de ajustar a inclinação dos eixos sobre a imagem de forma a ter medições corretas. Para tal, clicar no pequeno quadrado sobre o eixo e arrastar, até acertar a inclinação.

Nota importante: pode ajudar ir avançando e recuando a imagem *frame a frame*, tal como explicado no ponto anterior, até acabar de ajustar.

[6] Calibração das medidas

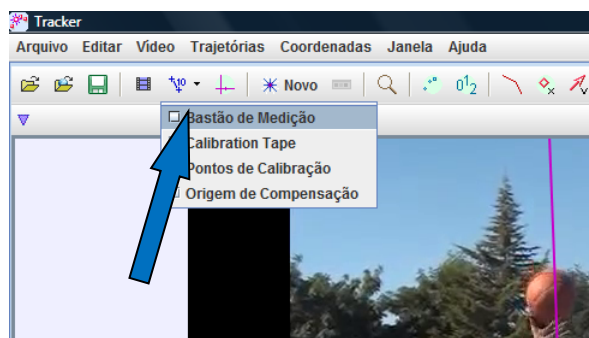



Figura 13- Calibração dos eixos/medidas

Para ter medidas corretas é necessário calibrar os eixos. Para isso deve clicar sobre o botão  e de seguida escolher uma das opções:

- **Bastão de medição** - permite indicar a medida exata entre dois pontos conhecidos (de preferência fixos), permitindo dessa forma definir todas as outras medidas em função daquela.
- **Calibration Tape** - igual ao bastão de medição, apenas difere a imagem dos extremos da medição.
- **Pontos de calibração** - permite inserir dois pontos na imagem para os quais é possível definir as coordenadas (x e y) de posição, alterando automaticamente a inclinação dos sistema de eixos.

Qualquer uma destas opções é válida; cada utilizador deve escolher de acordo com a sua preferência. Pela sua simplicidade, sugere-se a escolha do **Bastão de medição**.

O **sistema de coordenadas** é um conjunto de transformações utilizado para converter as posições de imagem em coordenadas reais. O sistema de coordenadas define para cada ponto do vídeo:

- a **escala** (unidades de imagem por unidade real)
- a **origem** (posição na imagem da origem da moldura de referência)
- O **ângulo** (ângulo com sentido anti-horário a partir do eixo- x da imagem)



Figura 14- Colocação dos valores reais de uma medição

Depois de selecionar o Bastão de medição, este aparecerá sobre a imagem.

Clicar com o botão esquerdo do rato sobre um dos extremos e arrastá-lo até um ponto desejado na imagem. Fazer o mesmo com o outro extremo do bastão. Os extremos do bastão devem estar colocados sobre dois pontos para os quais deve ser conhecida a distância com exatidão. O valor da distância exata deve ser então introduzida, clicando sobre o valor numérico que aparece a meio do bastão; em seguida deve ser introduzido o valor correto com o teclado do computador. Esta medida deve ser em metros (SI).

Por defeito, as posições da imagem aparecem configuradas em unidades de pixel, com a origem no canto superior esquerdo da imagem de vídeo

Uma vez que uma imagem de vídeo é uma visão de câmara do mundo real, um objeto físico dentro dessa imagem também tem **coordenadas do mundo**. Coordenadas do mundo são medições em unidades SI (por exemplo, metros), em relação a uma referência especificada.

podem ser exibidos em graus ou radianos. Selecione as unidades desejadas no menu **Coordenadas => Unidades de ângulo**

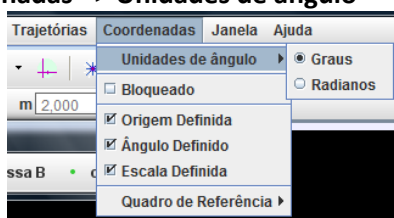


Figura 15- Unidade definida para os ângulos

[7] Propriedades avançadas do sistema de coordenadas – sistema de coordenadas móvel

Por padrão, a escala de origem e do ângulo do sistema de coordenadas são **fixos** - isto é, eles não variam ao longo do movimento. No entanto, pode ser necessário tornar o sistema de coordenadas móvel, principalmente em imagens de objetos que se pretende seguir, como por exemplo o centro de massa de um sistema.

Para poder alterar a origem do referencial ao longo do movimento, proceda da seguinte forma:

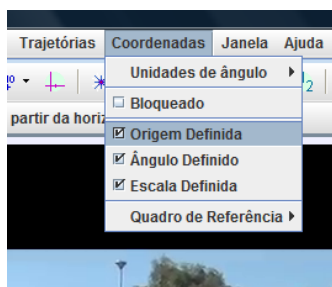


Figura 16- Bloqueamento/desbloqueamento dos eixos

- Clique em **Coordenadas** na barra de menu e desligue a propriedade adequada (Origem definida; Ângulo definido ou Escala definida).

As posições e as propriedades da origem que define são as do **quadro de referência padrão**.

Clicando no **Quadro de Referência** deste menu, pode seleccionar quadros de referência em que a origem se move junto com um ponto de massa definido (ver ponto [10] deste tutorial) ou com o centro de massa de um conjunto de pontos de massa escolhidos.

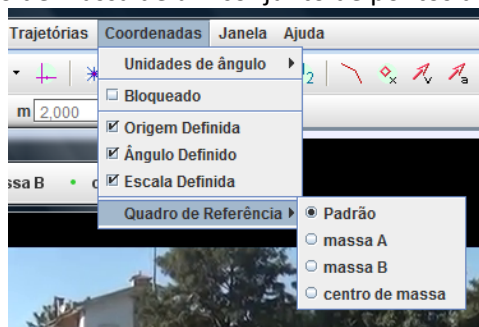


Figura 17- Alteração do quadro de referência

[8] Ampliação (Zoom) das imagens para melhor precisão

Para maior precisão no ajuste dos pontos, pode sempre aumentar o tamanho da imagem através do zoom, tal como se mostra na imagem seguinte:

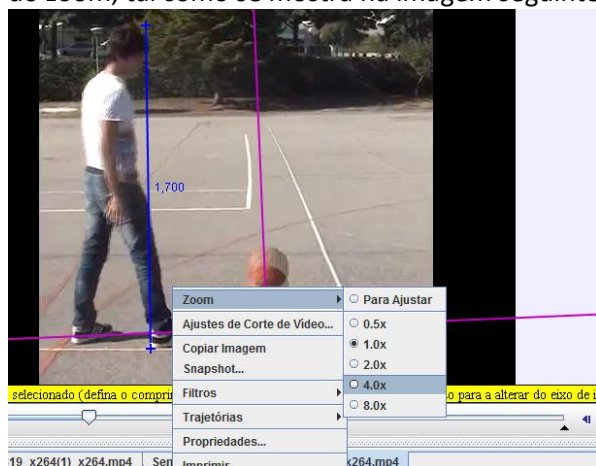



Figura 18- Ampliação da imagem em estudo

Para fazer zoom, deve clicar com o botão direito do rato sobre a imagem, clicar em Zoom e de seguida escolher o valor da ampliação desejado na janela que aparece.

Para sair do zoom, volte a clicar com o botão direito do rato, clicar em Zoom e escolha a ampliação 1.0X.

Existem outras formas de mudar a ampliação do vídeo para uma marcação mais rigorosa:

1. Clicar no botão de **zoom** na barra de ferramentas  e escolher o nível de zoom desejado no menu suspenso, como mostrado abaixo.
2. Posicione o cursor sobre uma região de interesse e gire a roda do rato para a frente, para aumentar o zoom e para trás, para diminuir o zoom.
3. Use o botão direito do rato numa região de interesse e escolha **Zoom In**, **Zoom Out** ou **Zoom para ajustar**, no menu *pop-up*.

4. Arraste uma caixa de zoom usando o botão direito e escolha **Zoom In** para aumentar o zoom para a caixa, como mostrado abaixo.
5. Pressione a **tecla Z** (o cursor do rato exibe um ícone de zoom) e clique ou arraste com o rato para zoom in. Mantenha pressionada a tecla Alt ao mesmo tempo para diminuir o zoom.

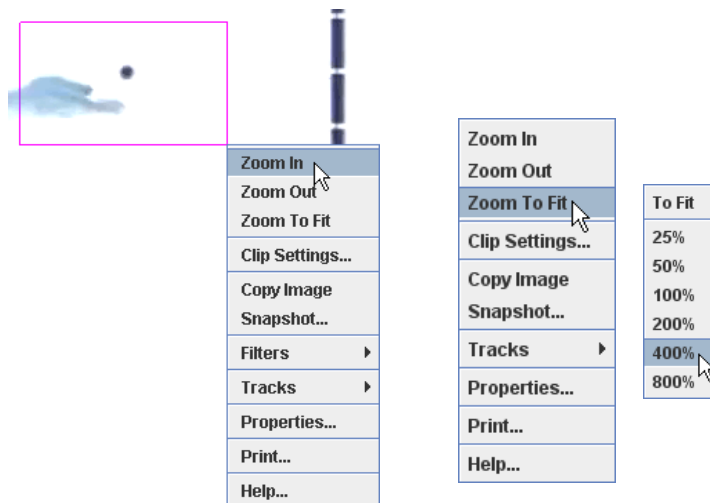


Figura 19- Ampliação/redução do tamanho da imagem

[9] Instrumentos de medida – régua e transferidor

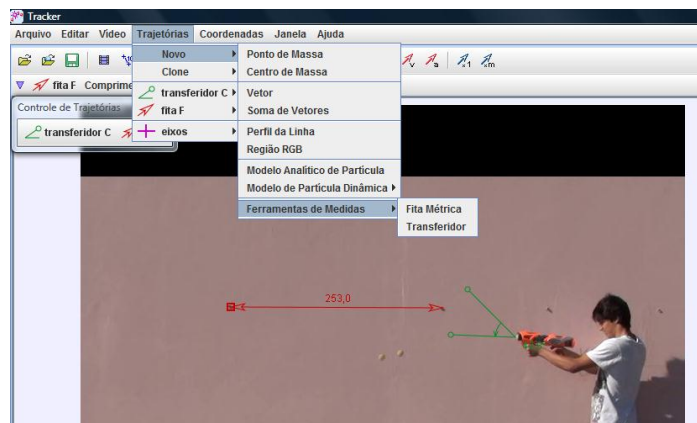


Figura 20- Inserção da régua ou do transferidor

Se a qualquer momento quiser estudar/verificar uma medida (se já tiver feito a calibração com o bastão de Medição antecipadamente), pode usar dois instrumentos de medida: uma régua e um transferidor.

- Clicar em **Trajectoria** => **Novo** => **Ferramentas de Medida** => **Fita Métrica** ou **Transferidor**.

Depois pode arrastar os extremos destas ferramentas de medição e colocá-los/posicioná-los nos pontos que definir.

[10] Criação de um ponto de massa - ponto a ser seguido no movimento

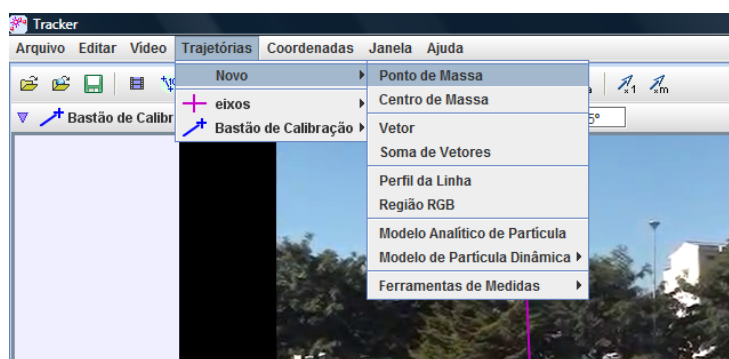


Figura 21- Criação de um ponto de massa

O *Tracker* tem um modo de funcionamento que assenta sobre a deteção e seguimento do movimento de uma partícula ou sistema de partículas definido, pelo que é necessário definir esse ponto, o chamado “Ponto de Massa”.

Clicar em **Trajetórias** => Novo => Ponto de Massa.

Nota: pode criar tantos pontos de Massa quantos os que desejar.

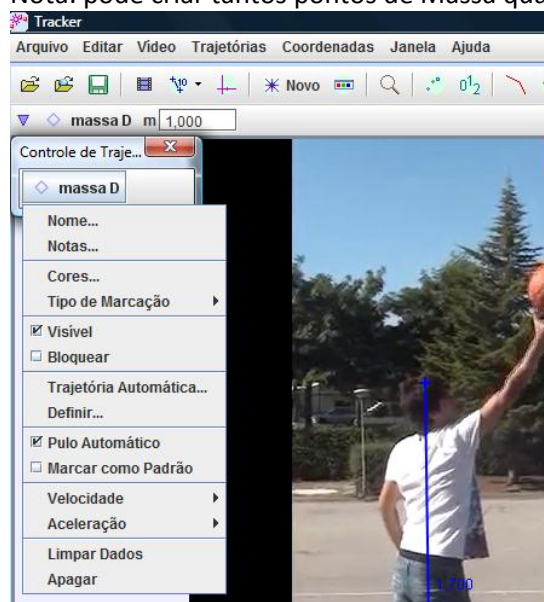


Figura 22- Introdução das características dos pontos de massa

Para personalizar a experiência em estudo, devemos inserir o valor da massa em kg e podemos mudar o nome do Ponto de massa criado:

- Clicar com o botão direito do rato sobre “massa x” que apareceu na parte superior direita da imagem => Nome e aparecerá uma nova caixa de texto:

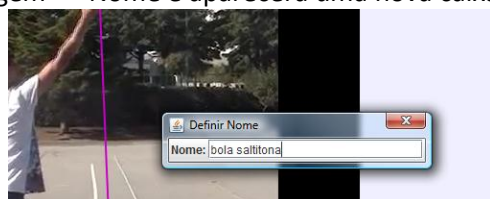


Figura 23- Definir nome do ponto de massa

Nesta caixa é possível definir o novo nome, escrevendo-o no teclado.

[11] Marcação manual da trajetória de um movimento

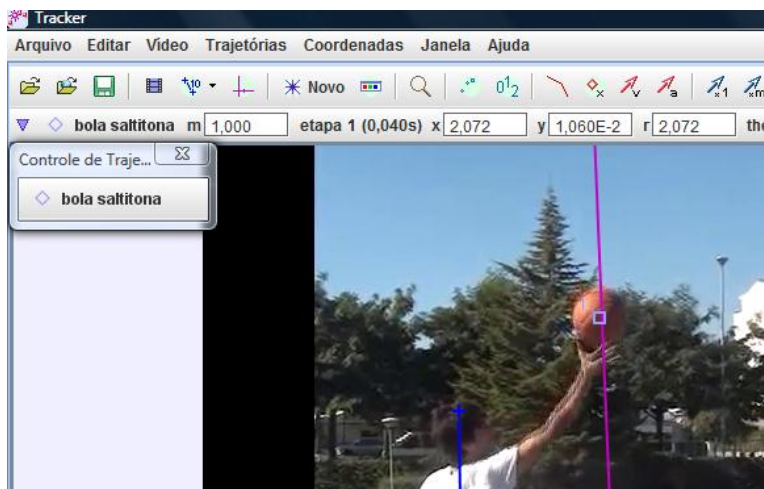


Figura 24- Detecção do centro de massa do objeto

Para fazer o seguimento do objeto escolhido, após ter criado e definido o Ponto de Massa deve:

Premir tecla Control (CTRL) ou SHIFT do teclado e clicar com o botão esquerdo do rato sobre o primeiro ponto do movimento.

Automaticamente a imagem avançará um *frame*, devendo continuar a premir a tecla SHIFT e clicando de novo, até ao final do movimento que interessa estudar.

Pode sempre aumentar a precisão aumentando o Zoom, tal como se explica acima.



Figura 25- Características do desenho da trajetória

Se a imagem começar a ficar muito cheia de traços e pontos, ou se não estiverem a aparecer traços e pontos ao longo da trajetória do movimento, pode sempre retirá-los/acrescentá-los:

- Clicar no botão linha e aparecerá ou desaparecerá a linha que segue o movimento.
- Clicar no botão marca (x) e aparecerão/desaparecerão os pontos marcados ao longo do movimento.
- Clicar no botão velocidade (v) e aparecerão/desaparecerão os vetores velocidade ao longo da trajetória.
- Clicar no botão aceleração (a) e aparecerão/desaparecerão os vetores aceleração ao longo da trajetória.

[12] Marcação automática da trajetória de um movimento

Quando o ponto de massa a seguir tem um tamanho, cor e orientação bem definidos em todos os *frames* de vídeo, pode ser efetuado o seu seguimento de forma automática. Isso elimina a necessidade de marcar cada *frame* manualmente com o rato, acelerando assim o processo de acompanhamento e produção de dados.

AutoTracker por padrão **evolui** para se adaptar às mudanças de forma e cor ao longo do tempo.

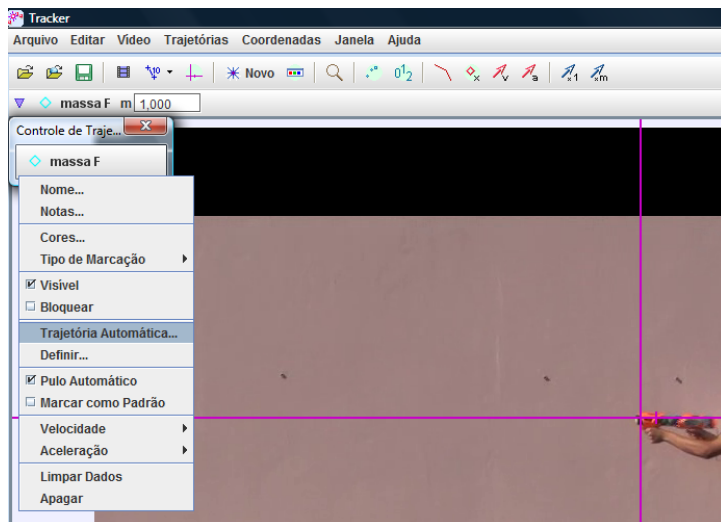


Figura 26- Introdução da deteção automática da trajetória (*auto track*)

Para fazer a perseguição de um ponto automaticamente, por comodidade ou para movimentos longos, deve:

- Clicar com o botão direito sobre o nome do Ponto de massa anteriormente criado (canto superior esquerdo) => Clicar em Trajetória Automática ... e veja a janela que se abre:

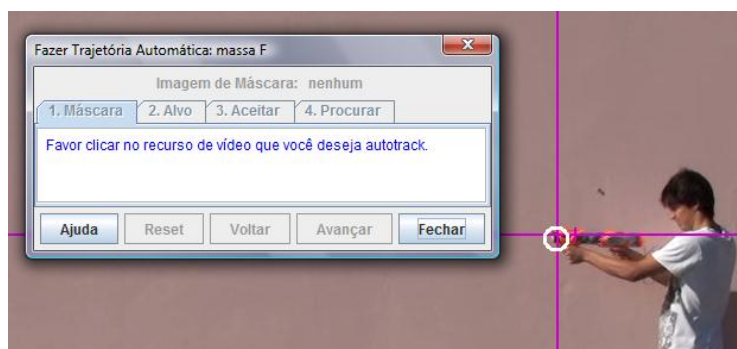


Figura 27- Deteção automática do objeto

1. Mover ou redimensionar o modelo arrastando o seu centro ou o puxador (quadrado sólido pequeno), respetivamente. **Dica:** o modelo não precisa ser grande, nem incluir o objeto todo. Uma característica ou ponto do objeto que seja única e inclua bordos de alto contraste em geral funciona melhor.
2. Definir a **taxa de evolução** para indicar como o modelo se adapta às mudanças de forma e cor. Uma taxa de evolução de 0% não evolui (imagem do molde constante), enquanto que uma taxa de evolução de 100% substitui completamente o molde com a imagem após cada *frame*. O melhor é não alterar o valor inserido automaticamente por defeito.
3. Defina o nível de **AutoMarcação**, para indicar a pontuação de partida mínima necessária para a marcação automática. O nível padrão de 4 é recomendado como um

bom ponto de partida. Também aqui deve deixar os valores que são gerados automaticamente.

Normalmente é aconselhável não mexer nas definições deste 3 separadores.

Clicar diretamente no separador 4 => Clicar sobre o ponto/objeto na imagem do vídeo que se quer seguir e aparecerá a janela *pop-up* seguinte:

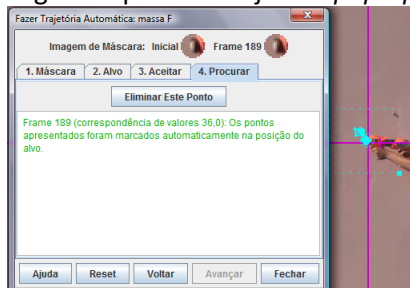


Figura 28- Procura automática do ponto com base na escolha manual

Deve ir ao separador 4 e clicar em procurar; veja se o ponto selecionado é o correto; se for, clicar em fechar e automaticamente o programa avançará seguindo o objeto selecionado.

Caso a meio da marcação de pontos o esta parar e aparecer uma mensagem de erro, significa que o programa ficou em dúvida sobre qual o ponto a seguir. Nesse caso, clicar no ponto a seguir, na parte da imagem onde a trajetória está nesse momento e ele avançará automaticamente (este passo pode ocorrer mais do que uma vez no movimento).

Nota Importante: Para usar o seguimento automático deve escolher pontos que não se confundam com o fundo da imagem, nem com outros objetos próximos.

Também pode limitar a pesquisa apenas para o **eixo xx (autotracking 1D)**. Para tal, defina a origem dos eixos e do ângulo de inclinação para procurar ao longo de qualquer linha desejada; depois do *AutoTracker* concluir o processo de marcação, pode modificar os passos à vontade. Ou seja, o *AutoTracker* ajuda a marcar os passos, mas não limita o seu controle sobre eles.

Antes de utilizar o *AutoTracker* verifique se o recurso de interesse é visível e razoavelmente consistente (forma, tamanho, cor e orientação) em todos os *frames*.

[13] Tratamento dos dados recolhidos

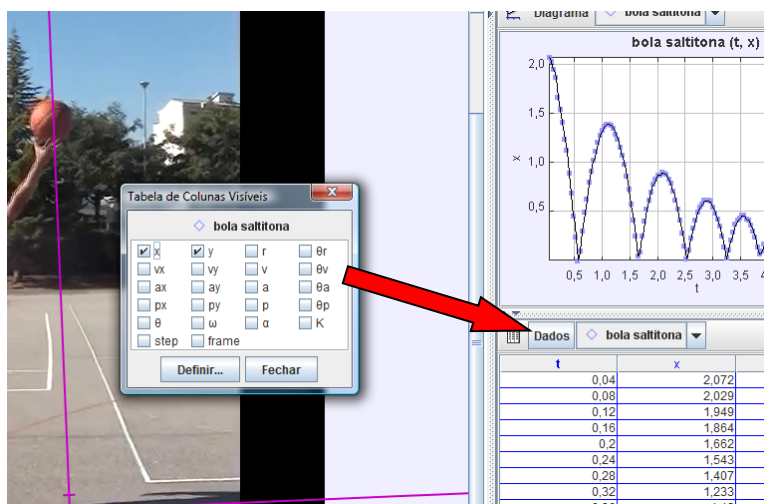


Figura 29- Escolha das grandezas da tabela

Para definir os dados a mostrar pelo *Tracker*, para análise posterior:

-Clicar em dados.

Aparecerá uma nova janela onde poderá definir quais as grandezas importantes a mostrar.

Se não quiser definir novas variáveis que não se encontrem nas opções possíveis, clicar em fechar.

Se quiser definir novas variáveis:

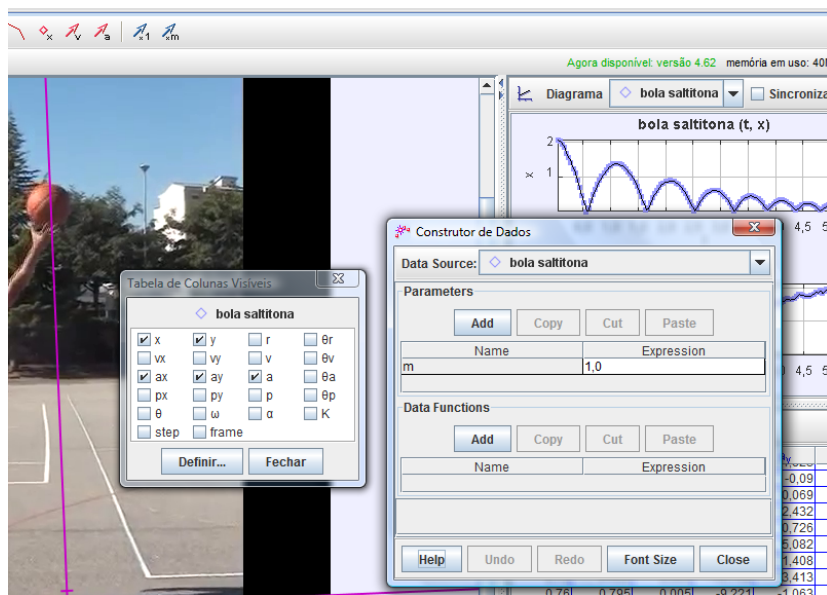


Figura 30- Definir novas grandezas a estudar

- Clicar em Definir ... (na caixa aberta depois de clicar em Dados)

Neste item aparece um **construtor de dados** com o qual pode definir variáveis personalizadas para as parcelas e tabelas. Variáveis personalizadas podem ser praticamente qualquer função que tenha importância em analisar.

Adicione novos parâmetros ou funções físico-matemáticas que incluam esses parâmetros, clicando nos respetivos botões *Add*

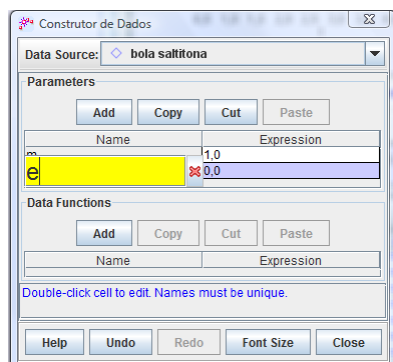


Figura 31- introdução dos parâmetros

Pode alterar o nome dos parâmetros/funções adicionados clicando sobre o respetivo nome e alterando-o com o teclado do pc.

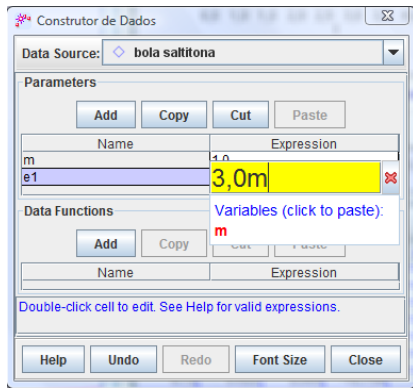


Figura 32- introdução dos valores das variáveis

Deve alterar o valor/expressão das variáveis/funções acrescentadas.
No final clicar em *Close*.

Selecione a nova função criada na janela dos dados e clicar, também aí, em *Close*.

Para alterar as grandezas apresentadas nos gráficos que aparecem na parte lateral:

- Clicar com o botão direito do rato sobre a grandeza junto ao respetivo eixo:

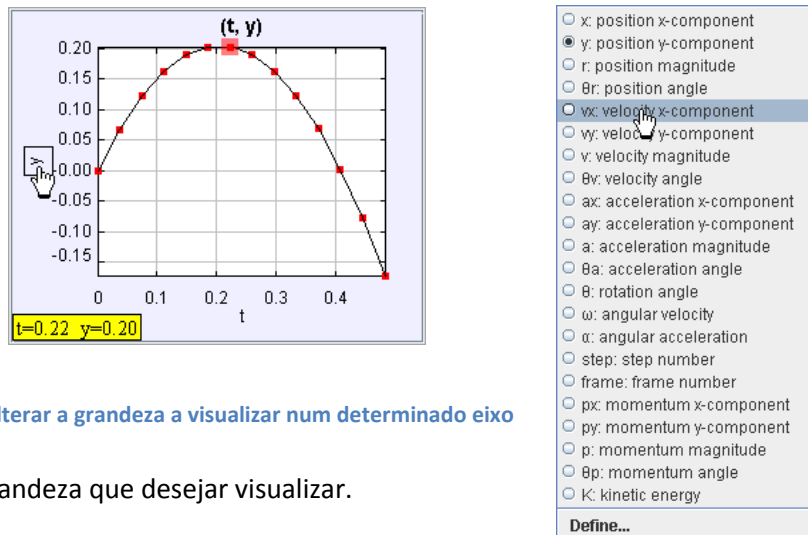


Figura 33- Alterar a grandeza a visualizar num determinado eixo

Escolher a grandeza que deseja visualizar.

[14] Copiar dados para outro documento

Para copiar os dados do *Tracker* para posterior estudo numa folha de cálculo, como o Excel:

- Selecionar todos os dados das tabelas do campo inferior direito
=> Clicar no botão direito do rato => clicar em “Copie os dados selecionados” e a seguir em “Como formatado”.

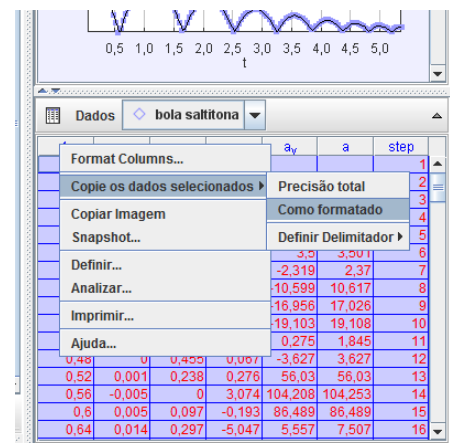


Figura 34- Copiar os dados para exportar

De seguida abra o software da sua folha de cálculo e cole lá o que copiou:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	bola saltitona																	
2	t	x	y	a _x	a _y	a	step											
3	4,00E-02	2,00E-03	2,07E+00				1											
4	8,00E-02	5,00E-03	2,03E+00				2											
5	1,20E-01	1,00E-02	1,95E+00	-7,75E-01	-2,87E+01	2,87E+01	3											
6	1,60E-01	1,00E-02	1,86E+00	-1,44E+00	-1,73E+01	1,74E+01	4											
7	2,00E-01	1,10E-02	1,66E+00	-2,07E-01	-1,80E+00	1,81E+00	5											
8	2,40E-01	7,00E-03	1,54E+00	4,70E-02	3,50E+00	3,50E+00	6											
9	2,80E-01	8,00E-03	1,41E+00	4,93E-01	-2,32E+00	2,37E+00	7											
10	3,20E-01	7,00E-03	1,23E+00	-6,30E-01	-1,06E+01	1,06E+01	8											
11	3,60E-01	6,00E-03	1,12E+00	-1,54E+00	-1,70E+01	1,70E+01	9											
12	4,00E-01	4,00E-03	8,94E-01	4,11E-01	-1,91E+01	1,91E+01	10											
13	4,40E-01	-5,00E-03	6,82E-01	1,83E+00	2,75E-01	1,85E+00	11											
14	4,80E-01	0,00E+00	4,55E-01	6,70E-02	-3,63E+00	3,63E+00	12											
15	5,20E-01	1,00E-03	2,38E-01	2,76E-01	5,60E+01	5,60E+01	13											
16	5,60E-01	-5,00E-03	0,00E+00	3,07E+00	1,04E+02	1,04E+02	14											
17	6,00E-01	5,00E-03	9,70E-02	-1,93E-01	8,65E+01	8,65E+01	15											
18	6,40E-01	1,40E-02	2,97E-01	-5,05E+00	5,56E+00	7,51E+00	16											
19	6,80E-01	7,00E-03	4,92E-01	-1,47E+00	-1,06E+01	1,07E+01	17											
20	7,20E-01	-3,00E-03	6,22E-01	3,35E+00	-1,08E+01	1,13E+01	18											
21	7,60E-01	0,00E+00	7,95E-01	1,01E+00	-9,23E+00	9,28E+00	19											
22	8,00E-01	6,00E-03	9,09E-01	-1,68E+00	-1,49E+01	1,50E+01	20											

Figura 35- Folha de cálculo onde foram colados os dados exportados

Caso os dados não estejam colados como pretender em diferentes colunas e em vez disso colar tudo na mesma célula, certifique-se, quando copiar, que todas as definições são as adequadas.

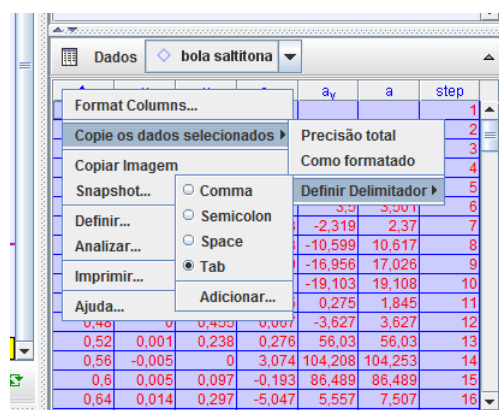


Figura 36- Configuração dos dados a exportar

Para tal, depois de seleccionar os dados a copiar:

- Clicar com o botão direito do rato => Copie os dados seleccionados => Definir Delimitador => Tab

[15] Tratamento de dados no Tracker

Para estudar diretamente os dados no Tracker :

- Clicar com o botão direito do rato em cima dos dados da tabela no canto inferior direito => Clicar em **Analisar** ...

Na nova janela pode seleccionar ou retirar os dados a estudar no gráfico, assim como realizar o estudo estatístico das diferentes variáveis.

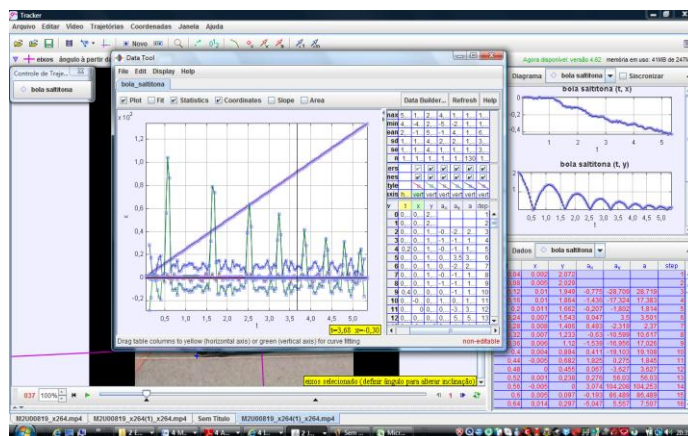


Figura 37- Análise estatística dos resultados

[16] Comparação dos dados reais do movimento com o modelo teórico

Por vezes é importante comparar os dados recolhidos com os produzidos por um modelo teórico.

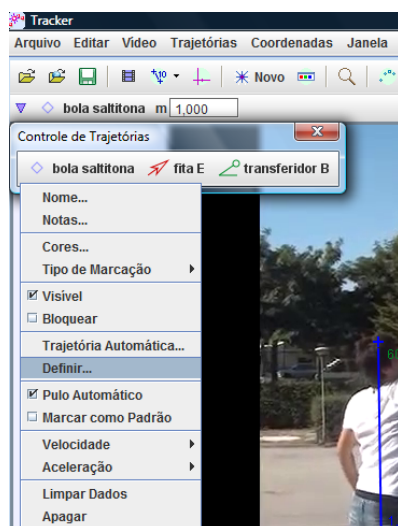


Figura 38- Introdução de modelos teóricos

Se quiser inserir uma equação do modelo matemático do movimento em estudo, para comparar com o movimento real:

- Clicar com o botão direito do rato sobre o ponto de massa anteriormente criado (canto superior esquerdo) => Clicar em **Definir**, depois abre a seguinte janela:

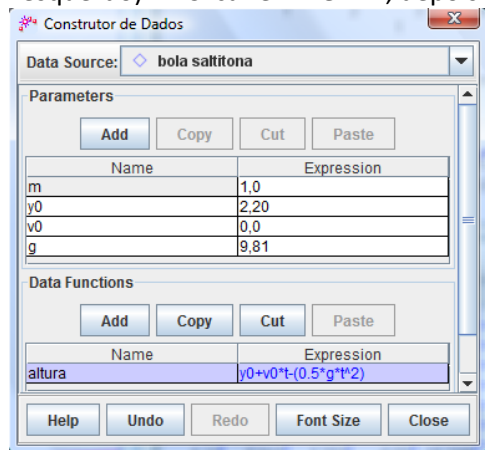


Figura 39- Quadro de inserção dos parâmetros e equações teóricas

Deve adicionar (*Add*) parâmetros ou funções que vão incorporar esses parâmetros .

Atenção: terá de usar o ponto e não a vírgula. Se houver algum problema e a equação não estiver correta, esta ficará escrita a vermelho.

Se seleccionar a função escrita, esta também aparecerá nas tabelas de valores.

Atenção, poderá/deverá ver os valores iniciais das medidas/grandezas geradas automaticamente, como por exemplo a posição inicial e a velocidade inicial, de forma a usar esses valores nos parâmetros iniciais da equação do movimento, de forma a esta ser o mais fidedigna possível.

Para editar um nome ou expressão, clicar duas vezes na célula da tabela (células cinzentas não podem ser editadas). Os nomes devem ser únicos e não podem conter espaços ou símbolos matemáticos. As expressões devem ser expressões matemáticas processáveis pelo analisador OSP.

Para criar um novo parâmetro ou função de suporte, clicar no botão **Add** correspondente.

Ao realizar a edição de uma expressão, os nomes de todas as variáveis disponíveis estão listados em azul diretamente sob o editor *pop-up*. Para inserir uma variável diretamente da lista, mova o cursor e clique sobre ele.

Variáveis para expressões de parâmetros incluem apenas outros parâmetros, enquanto variáveis para expressões de função incluem variáveis independentes (por exemplo, x , y , t , etc), parâmetros e nomes de funções de apoio. No exemplo mostrado, a função " f_y " pode depender de qualquer uma ou de todas as variáveis x , v_x , y , v_y , t , m , g . A entrada " $-m \cdot g$ " é, portanto, uma expressão válida.

Se uma expressão inválida for inserida, a célula fica vermelha e uma mensagem de erro é exibido na barra de estado. Na Figura 44, a expressão " mg " é inválida uma vez que o operador de multiplicação ($*$) foi omitido. As referências cruzadas também podem resultar numa condição de erro.

[17] Determinação do centro de massa de um sistema

Para estudar o centro de massa de um conjunto de corpos, será necessário indicar a massa correspondente a cada um dos objectos definidos na imagem.

Para tal, devem ser introduzidos tantos pontos de massa, quantos os objetos a serem seguidos (ver ponto [10]).

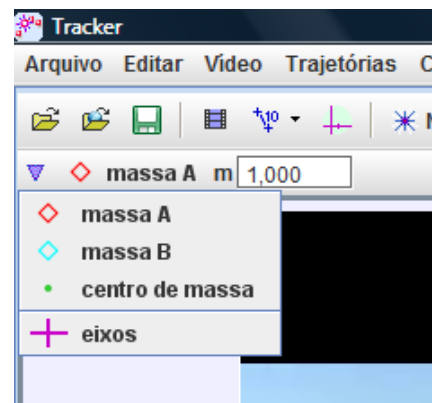



Figura 40- definição do valor da massa de cada ponto de massa

Será necessário definir com exatidão qual o valor da massa de cada ponto de massa, para tal:

- Clicar no  situado na zona do canto superior esquerdo => clicar no nome do ponto de massa a definir => colocar o valor em kg da massa desse corpo no espaço editável que aparece na imagem.

Repetir esta ação para todas as massas.

Para introduzir o cálculo do centro de massa no *Tracker*:

- Clicar no separador Trajetória => Novo = Centro de Massa => seleccionar os pontos de massa a introduzir no estudo do centro de massa, na janela *pop-up* que aparece.



Figura 41- Seleção das massas pertencentes ao sistema do centro de massa

[18] Modelos de Partículas

O **modelo de partículas** é um modelo físico-matemático de um ponto de massa. As posições da partícula são determinadas pelos parâmetros do modelo, em vez de serem marcadas com o rato.

Existem dois tipos de modelos: **analítico** e **dinâmico**.

- Um **modelo analítico** define funções de posição no tempo.
- Um **modelo dinâmico** define funções de força e condições iniciais e pode ser resolvido em **coordenadas cartesianas** ou **coordenadas polares**, ou ainda **analisar um sistema de dois corpos**.

têm uma moldura **de início** e de **fim**, que definem as armações do vídeo em que são desenhadas. Isto torna possível definir vários modelos que se aplicam em momentos diferentes no mesmo vídeo.

Um modelo de partículas tem uma massa ajustável e gera dados de movimento e vetores, assim como qualquer outro ponto de massa.

propriedades do modelo de partículas são exibidas e editadas utilizando a ferramenta *Model Builder*.

Para usar o construtor:

- Clicar Trajetórias => Novo => Modelo Analítico de Partícula ou Modelo Dinâmico de Partícula.

Depois de ter criado o modelo de partícula (analítico ou dinâmico), verificar que apareceu a sua indicação junto ao canto superior esquerdo por baixo da barra de menu:

- Clicar sobre ele com o botão direito do rato => Construtor de Modelos (*Model Builder*); abre-se a seguinte janela pop-up:

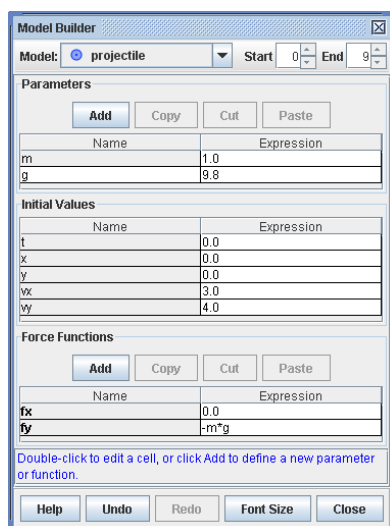


Figura 42- Model Builder com um modelo dinâmico de um projétil simples

As funções e parâmetros são definidos incorporando expressões que são interpretadas pelo analisador OSP. Os valores dos parâmetros são constantes, enquanto as de funções dependem das variáveis de entrada, tais como x , y , t , etc. O analisador reconhece os seguintes elementos:

- **Números** em notação decimal ou científica (por exemplo, $1.0E-3$)
- **Nomes** de parâmetros, funções e variáveis de entrada de outros
- **Constantes** e e π
- **Operadores aritméticos** $+$ $-$ $*$ $/$ $^$
- **Operadores booleanos** $=$ $<$ $>$ $=$ $<$ $>$ $\&$ $!$
- **Parênteses** para controlar a ordem de operação
- **Funções matemáticas** mostradas na Tabela 1
- **Declarações condicionais** (*if*)
(*instrução condicional, expressão1, expressão2*). A Expressão 1 é calculada se a instrução condicional é verdadeira e a expressão2 é calculada se ela é falsa. Por exemplo, se $(x < 0, x^2, -x^2)$ é uma expressão de função válida.

Tabela 21- Funções matemáticas reconhecidas pelo analisador OSP

abs (x)	acos (x)	acosh (x)	asin (x)	asinh (x)	atan (x)	atanh (x)	atan2 (x, y)	ceil (x)	cos (x)
cosh (x)	exp (x)	frac (x)	andar (x)	int (x)	log (x)	max (x, y)	min (x, y)	mod (x, y)	aleatório (x)
round (x)	assinar (x)	sin (x)	sinh (x)	sqr (x)	sqrt (x)	passo (x)	tan (x)	tanh (x)	

Model Builder exibe funções do modelo, juntamente com parâmetros associados e as condições iniciais em tabelas com colunas **Nome** e **Expressão**, como é mostrado na figura. 41. O nome do modelo é mostrado no campo acima das tabelas.

Para editar um nome ou expressão, clicar duas vezes na sua célula da tabela (células cinzentas não podem ser editadas). Os nomes devem ser únicos e não podem conter espaços ou símbolos matemáticos.

Para criar um novo parâmetro ou função de suporte, clicar no botão **Add** adequado.

Os nomes de todas as variáveis disponíveis estão listados em azul diretamente sob o editor *pop-up* como mostrado na figura 42. Para inserir uma variável diretamente da lista, mova o cursor e clique sobre ele ou escreva-o com o teclado.

Variáveis para expressões de parâmetros incluem apenas outros parâmetros, enquanto variáveis para expressões de função incluem variáveis independentes (por exemplo, x , y , t), parâmetros e nomes de funções de apoio. No exemplo mostrado, a função " f_y " pode depender de qualquer uma ou de todas as variáveis x , v_x , y , v_y , t , m , g . A entrada " $-m*g$ " é, portanto, uma expressão válida.

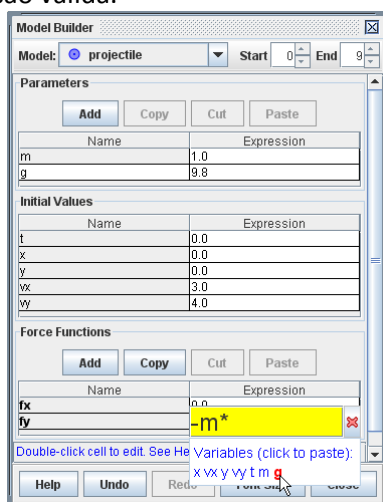


Figura 43- Edição de uma expressão

Se uma expressão inválida for inserida, a célula fica vermelha e uma mensagem de erro é exibida na barra de estado. Na Figura 43, a expressão " mg " é inválida uma vez que o operador de multiplicação ($*$) foi omitido. As referências cruzadas também podem resultar em numa condição de erro.

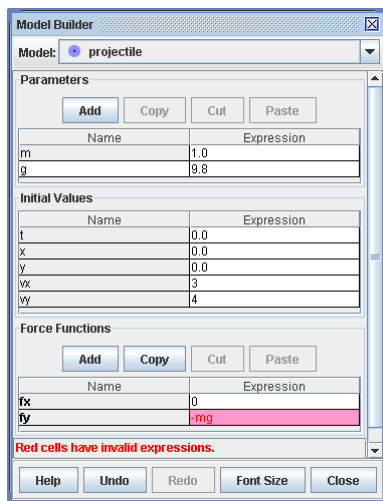
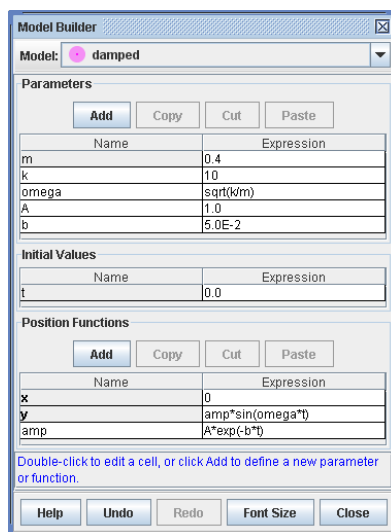


Figura 44- Expressão inválida

Model Builder inclui várias funcionalidades concebidas para ajudar a construir, modificar e comparar modelos com rapidez:

1. As expressões complexas podem ser simplificadas através da definição de uma ou mais **funções de suporte**. Por exemplo, o modelo analítico de um oscilador amortecido mostrado na figura 45, define a função de apoio " amp " que representa a amplitude a decair exponencialmente. Isso faz com que a função da posição y seja mais fácil de escrever e entender.

2. Pode voltar ao modelo e alterar qualquer um dos parâmetros ou a equação, a qualquer momento.



3.

Figura 45- As expressões podem conter parâmetros dependentes de outros parâmetros.

Quanto ao sistema dos dois corpos:

O **sistema de dois corpos** compreende um modelo de um sistema de duas partículas dinâmicas que interagem entre si através de forças **internas** radial e tangencial.

A massa do sistema é a soma das massas de partículas e a posição do sistema é o centro de massa das partículas.

As forças internas são funções da distância r entre as partículas e do ângulo entre elas. Atuam em **ambas as** partículas do sistema, mas em direções opostas (como exigido pela terceira lei de Newton). Forças internas são definidas usando o *Model Builder* como mostrado na Figura 48.

Cada uma das partículas do sistema pode também experimentar forças **externas**. As forças externas independentes são também definidas utilizando a *Model Builder*, como mostrado na Figura 49.

Um sistema de dois corpos gera dados de movimento e vetores, como qualquer outro ponto de massa.

Quando um sistema de dois corpos é criado pela primeira vez, aparece uma janela que identifica as partículas no sistema e fornece botões para alterá-los: **Partículas => Selecione ...** no menu do sistema.

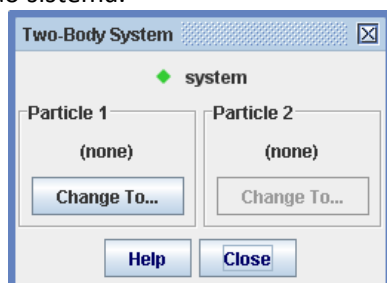


Figura 46- sistema de dois corpos vazio

Um novo sistema está inicialmente vazio. Para adicionar uma partícula ao sistema, clicar no botão e criar um modelo de nova partícula (também é possível escolher uma partícula criada anteriormente, como mostrado na Figura 46).

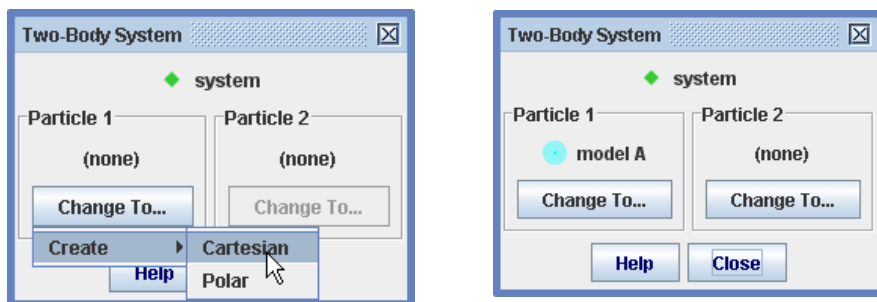


Figura 47- Adição de uma nova partícula para o sistema

Repetir para adicionar uma segunda partícula (Figura 47). Também é possível substituir uma partícula do sistema por uma outra partícula, como mostrado na Figura 48.

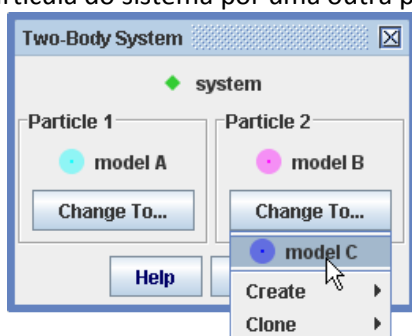


Figura 48- Substituindo uma partícula no sistema

As forças internas e outras propriedades de um sistema de dois corpos também são exibidas e editadas utilizando a ferramenta *Model Builder*.

Note-se que as massas das partículas do sistema estão incluídas na lista de parâmetros, de modo que encontram-se disponíveis para utilização em expressões de força. As massas, posições iniciais e velocidades não são editáveis, uma vez que elas são determinadas pelo sistema.

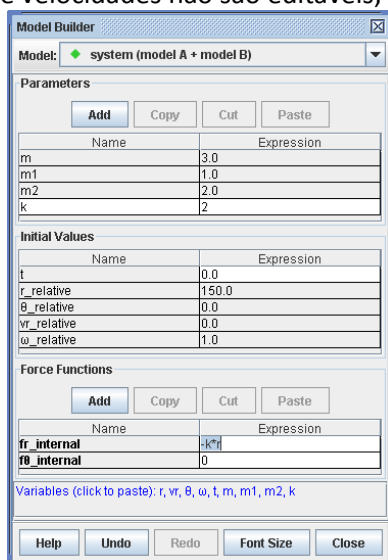


Figura 49- *Model Builder* para um sistema de dois-corpo com uma força elástica interna

Note-se que todas as propriedades, incluindo as posições inicial, a massa e as velocidades, são editáveis.

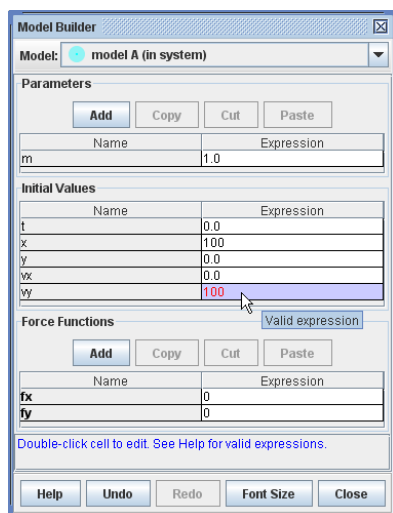
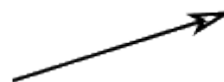


Figura 50- Model Builder mostrando um modelo de partículas sem atuação de forças externas.

[19] Introdução de vetores de grandezas do movimento



Um **vetor** pode representar qualquer grandeza vetorial, mas é habitualmente usado como representação de uma força num diagrama de forças. A força pode variar com o tempo (isto é, com o número de *frames*).

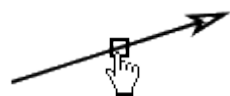
Nota: Muitos tópicos introdutórios de física envolvem forças constantes e forças instantâneas. Ao definir um clipe de vídeo com um único *frame* e usando vetores e a soma vetorial, estas situações podem ser modeladas e analisadas visualmente utilizando o *Tracker*. O vídeo de fundo pode ser um único *frame* de um filme, uma imagem estática ou uma tela em branco.



Shift + clicar o cursor e arrastar a ponta com o rato para marcar um passo de vetor. Estes vetores são desenhados com linhas sólidas para distingui-los dos vetores de movimento.

Também é possível deslocar a entrada em vez de utilizar o rato para marcar um passo vector, que é idêntico ao do passo anterior.

Pode ocultar ou encurtar os caminhos, se desejado, usando o botão de traços na barra de ferramentas.



Selecionar qualquer ponto num vetor na barra de ferramentas, para exibir as suas componentes. Digitar o valor desejado no campo apropriado ou selecionar e arrastar a ponta para mudar as componentes.



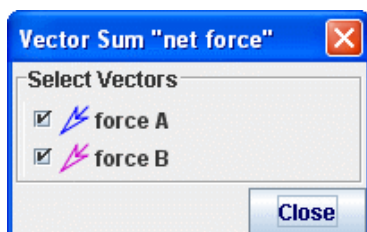
Arrastar ou deslocar o centro de um vetor para movê-lo sem alterar as suas componentes.





Vários vetores podem ser ligados para determinar visualmente a sua soma vetorial. Para somar vetores, arraste e solte a traseira de um, perto da ponta do outro. Pode continuar a ligar vetores adicionais do mesmo modo para formar uma cadeia.

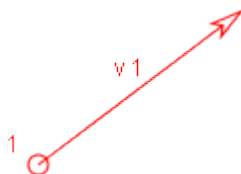


Quando arrastar o primeiro vetor de uma cadeia de vetores ligados, a cadeia move-se como uma unidade; mas quando arrastar qualquer outro vetor a cadeia quebra.




Selecione os vetores para incluir na soma, verificando na caixa soma vetorial.

Alternar a visibilidade do vetor para todas as massas de ponto, clicando no botão **de velocidade**  ou o botão **de aceleração**  na barra de ferramentas. Os vetores são




inicialmente **ligados** para as suas posições.

Nota: Alguns vetores de movimento, especialmente os que representam acelerações, podem ser pequenos. Pode-os "esticar" artificialmente clicando no botão  na barra de ferramentas e selecionar um alongamento a partir do menu suspenso.

Pode mudar o rasto de um vetor de movimento do ponto de massa, usando o item do seu **rasto** no botão de faixa.

[20] Guardar o trabalho num arquivo Tracker (.trk)

Clicar no botão **Guardar**  ou **Arquivo => Guardar Como ...** item de menu para guardar o trabalho num **arquivo** baseado no formato XML com a extensão ". trk". Quando um arquivo guardado do *Tracker* é aberto, o programa carrega o vídeo, define o clip e reconstrói todas as faixas e variáveis personalizadas.

[21] Exportação de um clip de vídeo

Tracker pode exportar o vídeo atual como um arquivo de vídeo digital, GIF animado ou sequência de imagens, servindo assim como um editor de vídeo simples e transcodificador. Mas vídeos exportados também podem incluir sobreposições de faixas e filtros de vídeo, tornando-as úteis para documentar a modelação de vídeo ou resultados da análise.

Nota: o vídeo exportado contém apenas quadros do videoclipe atual (determinado pelo *frame* inicial, tamanho do salto de *frames* e *frame* final), não o vídeo inteiro.

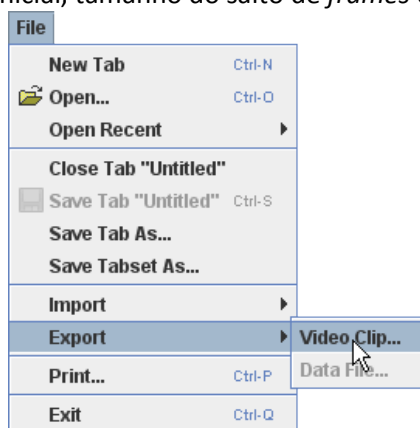


Figura 51- Exportação do vídeo alterado

Para exportar um vídeo alterado:
- Clicar Ficheiro => Export => Video Clip

Aparece então a seguinte janela:

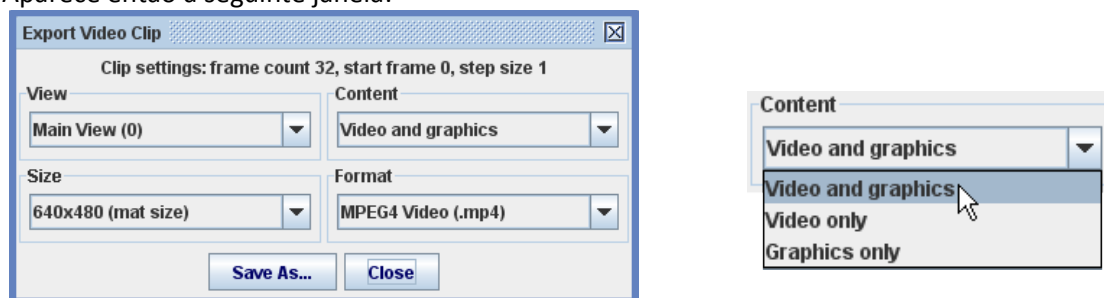


Figura 52- Definição das características do vídeo a guardar.

Selecione a exibição, conteúdo, tamanho e formato do vídeo exportado a partir das listas pendentes. As escolhas de conteúdo dependem da vista selecionada como se segue:

1. Vista principal: **vídeo e os gráficos, vídeo ou apenas gráficos**
2. Visão Global: **vídeo e os gráficos** ou **apenas gráficos**
3. Outros: **só gráficos** .

[22] Filtros de Vídeos

Os filtros de vídeo permitem-lhe modificar a imagem de vídeo para efeitos especiais, ou para melhorar a qualidade dos dados obtidos.

Para aceder aos filtros de vídeo:

- Clicar em Vídeo => Filtros => ação desejada

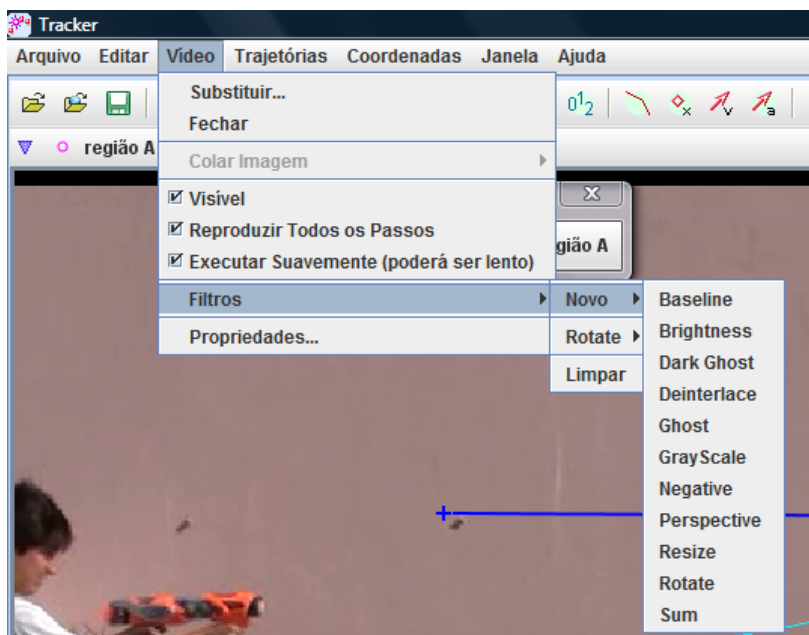


Figura 53- propriedades dos filtros de vídeo

Pode encontrar quatro categorias gerais de filtros:

1. Melhoria de imagem: brilho / contraste
2. Efeitos especiais: imagem fantasma , tons de cinza, negativo
3. A redução de ruído: linha de base, soma / média
4. Transformações de imagem: perspectiva e redimensionar , girar

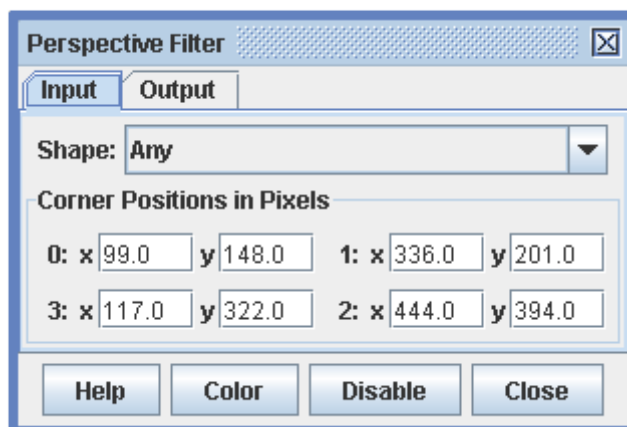
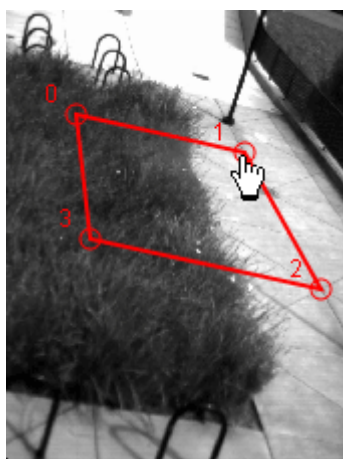
A maioria dos filtros, ao ser selecionado, abre uma segunda janela *pop-up* que permite ao utilizador definir parâmetros de filtro. A caixa correspondente a cada filtro aparece quando o filtro é criado e continua a ser acessível a partir do **vídeo /** menu **Filtros**. Cada caixa tem um botão que desativa temporariamente [**desativar**] o filtro, para que ele apresente o seu efeito apenas temporariamente.

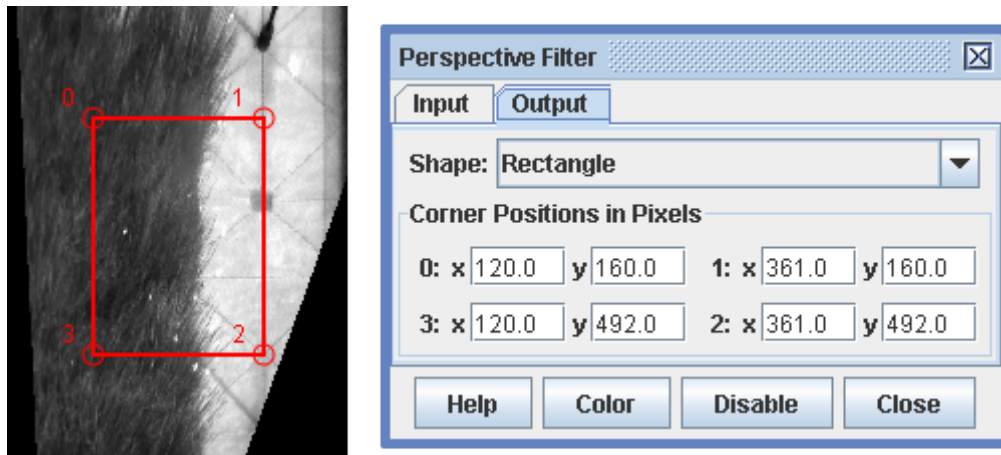


O filtro de perspectiva pode corrigir a distorção que ocorre quando um objeto é fotografado de um ângulo não transversal. Fá-lo através do mapeamento de uma forma distorcida do plano na imagem em estudo.

Para usar o filtro:

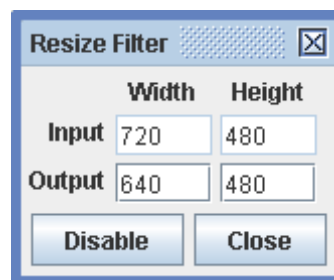
1. Seleccionar o separador de entrada (**input**) e definir o plano distorcido na imagem.
2. Selecionar a guia de saída (**output**) e definir o plano de frente na imagem de saída. Ajuste as dimensões de saída do plano para que as escalas horizontal e vertical sejam iguais (isso pode ser desnecessário para o movimento 1D).



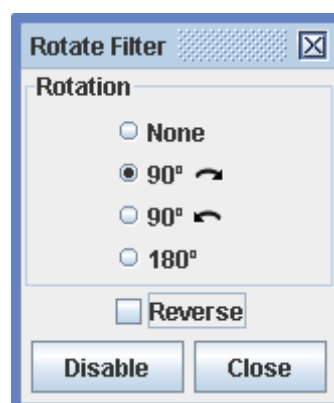


O filtro **de redimensionamento (Resize Filter)** altera as dimensões da imagem de vídeo. Este filtro pode ser importante se tiver ocorrido um redimensionamento aquando da transformação do tipo de vídeo para um formato diferentes aceite pelo *Tracker*.

O estiramento pode ser corrigido por redimensionamento da imagem para as medidas (em pixel) desejadas.



O filtro de **rotação** gira em incrementos de 90 graus e / ou inverte a imagem de vídeo



Anexo B- Guias de trabalho

Escola Secundária



D. Afonso Henriques
Vila das Aves

Fichas de trabalho - Tracker

Física 12º Ano

Experiência B1- Locomoção

Antes de iniciar esta ficha, verifique se os vídeos que vai analisar se encontram gravados com a extensão mp4, caso contrário converta-os usando o *software* “Any Video Converter”.

Nas tarefas a realizar é necessário usar as funções desse programa. Elas são bastante simples e intuitivas, contudo se tiver algumas dúvidas sobre a execução de alguma tarefa deve consultar o tutorial fornecido. Para tornar mais rápida a procura, estão indicadas (à frente das tarefas), em parênteses retos [...], o número da secção do tutorial onde essa tarefa está descrita.

A1- Oscilação do movimento humano nos planos longitudinal e transversal

1. Abra o *software* de análise de imagem *Tracker* que se encontra na pasta de programas do *pc*.
2. Selecione a Língua a usar na interface do *Tracker* [2]
3. Abra o vídeo “locomoção 1” [3].
4. Veja o vídeo e identifique qual a parte a analisar, fazendo a seleção dessa parte [4].
5. Introduza um sistema de coordenadas cartesianas e calibre-o, sabendo que a distância entre os pontos amarelos é de 50 cm [5,6]. Posicione o sistema de coordenadas com a inclinação mais correta, de acordo com a imagem e faça o centro coincidir com o ponto laranja.
6. Se detetar que a imagem precisa de ser ajustada ou redimensionada, proceda a essas tarefas [22].
7. Crie um ponto de massa, ao qual deve trocar o nome para “lado direito” [10].
8. Faça o seguimento automático do ponto de massa criado, fazendo com que este corresponda ao cartão amarelo do lado direito da imagem [12].
9. Repita os pontos 7 e 8 para dois novos pontos de massa, a serem nomeados “centro” e lado “esquerdo”, que devem ser posicionados, respetivamente, sobre o ponto laranja e sobre o outro ponto amarelo.
10. Analise a trajetória marcada na imagem para cada um destes pontos de massa e descreva o que observou.
11. Crie um “centro de massa, CM” do sistema [20] que deve incluir as 3 massas (não altere as massas, pois considera-se por defeito um corpo homogéneo).
12. Analise a trajetória do CM do sistema e interprete-a.
13. Copie as tabelas de dados correspondentes a cada ponto de massa e ao CM e cole-os numa folha de cálculo [14].
14. Na folha de cálculo, trace um gráfico que contenha a posição no eixo das abcissas em função do tempo, para todos os pontos de massa.
15. No gráfico construído, coloque as linhas de grelha secundárias para uma melhor visualização de resultados.
16. Na folha de cálculo, trace um gráfico que contenha a posição no eixo das ordenadas em função do tempo, para todos os pontos de massa.

17. No gráfico construído, coloque as linhas de grelha secundárias para uma melhor visualização de resultados.
18. Analise os gráficos produzidos tendo em atenção os seguintes aspetos:
 - variação da posição nas abcissas;
 - variação da posição nas ordenadas;
 - pontos de inflexão em cada gráfico;
 - desvio médio no eixo das abcissas e no eixo das ordenadas durante o movimento;
 - pontos do gráfico em relação ao ciclo da marcha.
19. Indique as conclusões retiradas da análise.
20. Indique outros aspetos interessantes observados.
21. Guarde o projeto para uma possível análise posterior [20], [21].
22. Repita os passos para o vídeo “locomção2”, neste caso de uma rapariga e compare com os resultados do primeiro vídeo. Discuta com os elementos dos outros grupos para ver se as conclusões são concordantes.

A2- Oscilação do movimento humano nos planos longitudinal e transversal - padrão do movimento.

1. Repita os mesmos passos que no trabalho A1, mas agora analisando vários vídeos de um mesmo indivíduo, de forma a aferir se pode ser detetado um padrão de locomoção em relação a cada um dos eixos em estudo.
2. Caso lhe pareça existir um padrão característico, dividido à forma dos gráficos, compare-o com o gráfico do movimento de outro indivíduo diferente.
3. Tire conclusões sobre o trabalho que realizou.



Experiência B2 - Altura do centro de massa ao solo/ Rapidez do deslocamento

Antes de iniciar esta ficha, verifique se os vídeos que vai analisar se encontram gravados com a extensão mp4, caso contrário converta-os usando o *software* “Any Video Converter”.

Nas tarefas a realizar é necessário usar as funções desse programa. Elas são bastante simples e intuitivas, contudo se tiver algumas dúvidas sobre a execução de alguma tarefa deve consultar o tutorial fornecido. Para tornar mais rápida a procura, estão indicadas (à frente das tarefas), em parênteses retos [...], o número da secção do tutorial onde essa tarefa está descrita.

1. Abra o *software* de análise de imagem *Tracker* que se encontra na pasta de programas do *pc*.
2. Selecione a Língua a usar na interface do *Tracker* [2].
3. Abra o Vídeo “andar” [3].
4. Veja o vídeo e identifique qual a parte a analisar, fazendo a seleção dessa parte [4].
5. Introduza um sistema de coordenadas cartesianas e calibre-o, sabendo que a distância entre os mecos é de 1,0 m [5,6]. Posicione o sistema de coordenadas com a inclinação mais correta, de acordo com a imagem e faça o centro coincidir com o ponto laranja.
6. Se detetar que a imagem precisa de ser ajustada ou redimensionada, proceda a essas tarefas [22].
7. Crie um ponto de massa, ao qual deve trocar o nome para andar [10].
8. Faça o seguimento manual do ponto de massa criado, fazendo com que este corresponda ao centro de massa do indivíduo do vídeo [11]. O centro de massa situa-se sensivelmente sobre a cintura.
9. Analise a trajetória da marca assinalada no vídeo segundo o eixo das ordenadas e descreva o que observou.
10. Copie a tabela de dados correspondentes e cole-a numa folha de cálculo [14].
11. Na folha de cálculo, trace um gráfico que contenha a posição no eixo das abcissas em função do tempo, para todos os pontos de massa.
12. Repita s pontos anteriores para os vídeos “correr moderadamente” e “correr rapidamente”
13. Compare a variação da altura do CM do indivíduo em relação ao chão, para todos os movimentos.
14. Indique as conclusões retiradas da análise.
15. Indique outros aspetos interessantes observados.
16. Guarde o projeto para uma possível posterior análise [20,21].
17. Compare o tempo demorado a percorrer a distância em função da altura do indivíduo, em cada um dos vídeos.
18. Peça os dados dos outros grupos em relação ao ponto 18 e veja se é possível detetar alguma tendência geral.



Experiência B3- Movimento pendular

Antes de iniciar esta ficha, verifique se os vídeos que vai analisar se encontram gravados com a extensão mp4, caso contrário converta-os usando o *software* “Any Video Converter”.

Nas tarefas a realizar é necessário usar as funções desse programa, elas são bastante simples e intuitivas, contudo se tiver algumas dúvidas sobre a execução de alguma tarefa deve consultar o tutorial fornecido. Para tornar mais rápida a procura, estão indicadas (à frente das tarefas), em parênteses retos [...], o número da secção do tutorial onde essa tarefa está descrita.

1. Abra o *software* de análise de imagem Tracker que se encontra na pasta de programas do pc.
2. Selecione a Língua a usar na interface do Tracker [2].
3. Abra o Vídeo “andar” [3].
4. Veja o vídeo e analise qual a parte a analisar, fazendo a seleção dessa parte [4].
5. Introduza um sistema de coordenadas cartesianas e calibre-o, sabendo que a distância entre os mecos é de 1,0 m [5, 6]. Posicione o sistema de coordenadas com a inclinação mais correta, de acordo com a imagem, e faça o centro coincidir com o CM do sujeito. Este sistema deve ser móvel [7].
6. Se detetar que a imagem precisa de ser ajustada ou redimensionada, proceda a essas tarefas [22].
7. Crie um ponto de massa, ao qual deve trocar o nome para “pendular” [10].
8. Faça o seguimento manual do ponto de massa criado, fazendo com que este corresponda ao tornozelo do indivíduo [11].
9. A cada frame deve reposicionar o sistema de coordenadas móvel [7].
10. Analise a trajetória no eixo das ordenadas marcada na imagem e descreva o observado.
11. Copie a tabela de dados correspondentes e cole-a numa folha de cálculo [14].
12. Na folha de cálculo, trace um gráfico que contenha a posição no eixo das abcissas, em função do tempo para todos os pontos de massa.
13. Repita os pontos anteriores criando dois novos pontos de massa a posicionar sobre o joelho e sobre o CM do corpo. Neste caso o sistema de coordenadas deve ser fixo.
14. Na folha de cálculo crie duas colunas com a posição xx de cada ponto de massa por comparação com a do tornozelo. Verifique se o gráfico dessas grandezas em função do tempo se aproxima do gráfico de um MHS.
15. Indique as conclusões retiradas da análise.
16. Indique outros aspetos interessantes observados.
17. Guarde o projeto para uma possível análise posterior [20, 21].
18. Compare o tempo demorado a percorrer a distância em função da altura em cada um dos vídeos.
19. Peça os dados dos outros grupos em relação ao ponto 18 e veja se é possível detetar alguma tendência.



EXPERIÊNCIA B4 - Salto em comprimento

Antes de iniciar esta ficha, verifique se os vídeos que vai analisar se encontram gravados com a extensão mp4, caso contrário converta-os usando o *software* “Any Video Converter”.

Nas tarefas a realizar é necessário usar as funções desse programa, elas são bastante simples e intuitivas, contudo se tiver algumas dúvidas sobre a execução de alguma tarefa deve consultar o tutorial fornecido. Para tornar mais rápida a procura, estão indicadas (à frente das tarefas), em parênteses retos [...], o número da secção do tutorial onde essa tarefa está descrita.

1. Abra o *software* de análise de imagem *Tracker* que se encontra na pasta de programas do *pc*.
2. Selecione a Língua a usar na interface do *Tracker* [2].
3. Abra o Vídeo “salto” [3].
4. Veja o vídeo e escolha qual a parte a analisar, fazendo a seleção dessa parte [4].
5. Introduza um sistema de coordenadas cartesianas e calibre-o, sabendo que a distância entre os mecos é de 1m [5,6]. Posicione o sistema de coordenadas com a inclinação mais correta, de acordo com a imagem e faça o centro coincidir com o ponto laranja.
6. Se detetar que a imagem precisa de ser ajustada ou redimensionada, proceda a essas tarefas [22].
7. Crie um ponto de massa, ao qual deve trocar o nome para “salto” [10].
8. Faça o seguimento automático do ponto de massa criado, posicionando-o sempre sobre o local mais provável do CM do atleta [12].
9. Analise a trajetória marcada na imagem.
10. Introduza uma fita métrica que permita determinar o comprimento do salto e registe-o [9].
11. Configure o programa de forma a que este também apresente as colunas dos dados referentes a v_x , v_y , a_x , a_y , E_c [13].
12. Introduza uma nova função que determine a Energia potencial gravítica da bola em função do tempo [15].
13. Analise bem os valores iniciais médios das grandezas deste movimento, nomeadamente x_0 , y_0 , v_{x0} e v_{y0} . Registe esses valores [13].
14. Crie um modelo dinâmico teórico com base na análise física do problema, durante o voo e queda da bola após entrar no cesto. Tenha como base os valores dos parâmetros registados no ponto 13 [16,18].
15. Copie as tabelas de dados correspondentes e cole-os numa folha de cálculo [14].
16. Trace os gráficos de todas as grandezas em função do tempo. Cruze informações e registe as observações.
17. Introduza um transferidor na imagem, posicione-o no ponto de salto e com ajuda da trajetória desenhada verifique qual o ângulo de saída.
18. Compare os seus resultados com os dos outros grupos e tire uma conclusão sobre a proporcionalidade existente entre a velocidade inicial, o ângulo de saída, o alcance e a altura máxima atingida.
19. Indique as conclusões retiradas da análise.
20. Indique outros aspetos interessantes observados.
21. Guarde o projeto para uma possível análise posterior [20,21].



EXPERIÊNCIA B- Lançamento de bolas pela pistola de brinquedo

Antes de iniciar esta ficha, verifique se os vídeos que vai analisar se encontram gravados com a extensão mp4, caso contrário converta-os usando o *software* “Any Video Converter”.

Nas tarefas a realizar é necessário usar as funções desse programa. Elas são bastante simples e intuitivas, contudo se tiver algumas dúvidas sobre a execução de alguma tarefa deve consultar o tutorial fornecido. Para tornar mais rápida a procura, estão indicadas (à frente das tarefas), em parênteses retos [...], o número da secção do tutorial onde essa tarefa está descrita.

1. Abra o *software* de análise de imagem *Tracker* que se encontra na pasta de programas do pc.
2. Selecione a Língua a usar na interface do *Tracker* [2].
3. Abra o Vídeo “bola esponja” [3].
4. Veja o vídeo e escolha qual a parte a analisar, fazendo a seleção dessa parte [4].
5. Introduza um sistema de coordenadas cartesianas e calibre-o, sabendo que a distância entre as marcas é de 20 cm [5,6]. Posicione o sistema de coordenadas com a inclinação mais correta, de acordo com a imagem e faça o centro coincidir com o ponto laranja.
6. Se detetar que a imagem precisa de ser ajustada ou redimensionada, proceda a essas tarefas [22].
7. Crie um ponto de massa, ao qual deve trocar o nome para “bola” [10].
8. Faça o seguimento manual do ponto de massa criado [11].
9. Analise a trajetória marcada na imagem.
10. Introduza uma fita métrica que permita determinar o alcance do lançamento e registe-o [9].
11. Configure o programa de forma a que este também apresente as colunas dos dados referentes a v_x , v_y , a_x , a_y , E_c [13].
12. Introduza uma nova função que determine a Energia potencial gravítica da bola em função do tempo [15].
13. Analise bem os valores iniciais médios das grandezas deste movimento, nomeadamente x_0 , y_0 , v_{x0} e v_{y0} . Registe esses valores [13].
14. Crie um modelo dinâmico teórico com base na análise física do problema, durante o voo e queda da bola após entrar no cesto. Tenha como base os valores dos parâmetros registados no ponto 13 [16,18].
15. Copie as tabelas de dados correspondentes e cole-os numa folha de cálculo [14].
16. Trace os gráficos de todas as grandezas em função do tempo. Cruze informações e registe as observações.
17. Repita os passos anteriores para a bola de borracha maciça.
18. Compare as acelerações de queda nos dois movimentos e use um modelo teórico que permita explicar os resultados obtidos.
19. Reformule o modelo teórico incorporando a resistência do ar, se tal parecer necessário.
20. Indique as conclusões retiradas da análise dos resultados.
21. Indique outros aspetos interessantes observados.
22. Guarde o projeto para uma possível análise posterior [20,21].



EXPERIÊNCIA B6.1 - Lançamento de uma bola de basquetebol

Antes de iniciar esta ficha, verifique se os vídeos que vai analisar se encontram gravados com a extensão mp4, caso contrário converta-os usando o *software* “Any Video Converter”.

Nas tarefas a realizar é necessário usar as funções desse programa. Elas são bastante simples e intuitivas, contudo se tiver algumas dúvidas sobre a execução de alguma tarefa deve consultar o tutorial fornecido. Para tornar mais rápida a procura, estão indicadas (à frente das tarefas), em parênteses retos [...], o número da secção do tutorial onde essa tarefa está descrita.

1. Abra o *software* de análise de imagem *Tracker* que se encontra na pasta de programas do *pc*.
2. Selecione a Língua a usar na interface do *Tracker* [2].
3. Abra o Vídeo “basket” [3].
4. Veja o vídeo e escolha qual a parte a analisar, fazendo a seleção dessa parte [4].
5. Introduza um sistema de coordenadas cartesianas e calibre-o, sabendo que a distância entre os mecos é de 1m [5,6]. Posicione o sistema de coordenadas com a inclinação mais correta, de acordo com a imagem e faça o centro coincidir com o ponto laranja.
6. Se detetar que a imagem precisa de ser ajustada ou redimensionada, proceda a essas tarefas [22].
7. Crie um ponto de massa, ao qual deve trocar o nome para “bola” [10].
8. Faça o seguimento automático do ponto de massa criado [12].
9. Analise a trajetória marcada na imagem.
10. Introduza uma fita métrica que permita determinar o alcance do lançamento e registe-o [9].
11. Configure o programa de forma a que este também apresente as colunas dos dados referentes v_x , v_y , a_x , a_y , E_c [13].
12. Introduza uma nova função que determine a Energia potencial gravítica da bola em função do tempo [15].
13. Analise bem os valores iniciais médios das grandezas deste movimento, nomeadamente x_0 , y_0 , v_{x0} e v_{y0} . Registe esses valores [13].
14. Crie um modelo dinâmico teórico com base na análise física do problema durante o voo e queda da bola após entrar no cesto. Tenha como base os valores dos parâmetros registados no ponto 13 [16,18].
15. Copie as tabelas de dados correspondentes e cole-os numa folha de cálculo [14].
16. Trace os gráficos de todas as grandezas em função do tempo. Cruze informações e registe as observações.
17. Introduza um transferidor na imagem, posicione-o no ponto de lançamento e com ajuda da trajetória desenhada verifique qual o ângulo de lançamento.
18. Compare os seus valores com os dos outros grupos e tire uma conclusão sobre a proporcionalidade existente entre a velocidade inicial, o ângulo de lançamento, o alcance e a altura máxima atingida.
19. Indique as conclusões retiradas da análise.
20. Indique outros aspetos interessantes observados.
21. Guarde o projeto para uma possível análise posterior [20,21].



EXPERIÊNCIA B 6.2 - Bola saltitona

Antes de iniciar esta ficha, verifique se os vídeos que vai analisar se encontram gravados com a extensão mp4, caso contrário converta-os usando o *software* “Any Video Converter”.

Nas tarefas a realizar é necessário usar as funções desse programa. Elas são bastante simples e intuitivas, contudo se tiver algumas dúvidas sobre a execução de alguma tarefa deve consultar o tutorial fornecido. Para tornar mais rápida a procura, estão indicadas (à frente das tarefas), em parênteses retos [...], o número da secção do tutorial onde essa tarefa está descrita.

1. Abra o *software* de análise de imagem *Tracker* que se encontra na pasta de programas do pc.
2. Selecione a Língua a usar na interface do *Tracker* [2]
3. Abra o Vídeo “saltitar” [3].
4. Veja o vídeo e escolha qual a parte a analisar, fazendo a seleção dessa parte [4].
5. Introduza um sistema de coordenadas cartesianas e calibre-o, sabendo que a distância entre os pontos é de 50 cm [5,6]. Posicione o sistema de coordenadas com a inclinação mais correta, de acordo com a imagem e faça o centro coincidir com o ponto laranja.
6. Se detetar que a imagem precisa de ser ajustada ou redimensionada, proceda a essas tarefas [22].
7. Crie um ponto de massa, ao qual deve trocar o nome para “bola saltitona” [10].
8. Faça o seguimento automático do ponto de massa criado, fazendo com que este corresponda à bola [12].
9. Configure o programa de forma a que este também apresente as colunas dos dados referentes a v_x , v_y , a_x , a_y , E_c [13].
10. Copie as tabelas de dados correspondentes e cole-os numa folha de cálculo [14].
11. Na folha de cálculo, trace os gráficos das diferentes grandezas em função do tempo e compare-as.
12. Indique as conclusões retiradas da análise.
13. Calcule o valor médio do coeficiente de restituição elástica da bola.
14. Analise a validade do princípio da conservação da Energia Mecânica do sistema.
15. Indique outros aspetos interessantes observados.
16. Guarde o projeto para uma possível análise posterior [20,21].
17. Repita os passos para o vídeo “locomoção2”, neste caso de uma rapariga e compare com os resultados do primeiro vídeo. Discuta com os elementos dos outros grupos para ver se as conclusões são concordantes.



EXPERIÊNCIA B7 - Remate à baliza

Antes de iniciar esta ficha, verifique se os vídeos que vai analisar se encontram gravados com a extensão mp4, caso contrário converta-os usando o *software* “Any Video Converter”.

Nas tarefas a realizar é necessário usar as funções desse programa. Elas são bastante simples e intuitivas, contudo se tiver algumas dúvidas sobre a execução de alguma tarefa deve consultar o tutorial fornecido. Para tornar mais rápida a procura, estão indicadas (à frente das tarefas), em parênteses retos [...], o número da secção do tutorial onde essa tarefa está descrita.

1. Abra o *software* de análise de imagem *Tracker* que se encontra na pasta de programas do *pc*.
2. Selecione a Língua a usar na interface do *Tracker* [2]
3. Abra o Vídeo “remate sem efeito” [3].
4. Veja o vídeo e escolha qual a parte a analisar, fazendo a seleção dessa parte [4].
5. Introduza um sistema de coordenadas cartesianas e calibre-o, sabendo que a distância entre os pontos é de 50 cm [5,6]. Posicione o sistema de coordenadas com a inclinação mais correta, de acordo com a imagem e faça o centro coincidir com o ponto laranja.
6. Se detetar que a imagem precisa de ser ajustada ou redimensionada, proceda a essas tarefas [22].
7. Crie um ponto de massa, ao qual deve trocar o nome para “bola1” [10].
8. Faça o seguimento automático do ponto de massa criado, fazendo com que este corresponda à bola [12].
9. Configure o programa de forma a que este também apresente as colunas dos dados referentes a v_x , v_y , a_x , a_y , E_c [13].
10. Introduza um modelo teórico do remate da bola tendo em atenção os parâmetros do movimento.
11. Copie as tabelas de dados correspondentes e cole-os numa folha de cálculo [14].
12. Na folha de cálculo, trace os gráficos das diferentes grandezas em função do tempo e compare-as.
13. Indique as conclusões retiradas da análise.
14. Repita os pontos anteriores para uma bola rematada com efeito.
15. Compare a validade do modelo teórico nas duas situações.
16. Tente identificar que variáveis seria preciso introduzir nos modelos teóricos para que estes descrevessem na perfeição os movimentos da bola.
17. Indique outros aspetos interessantes observados.
18. Guarde o projeto para uma possível análise posterior [20,21].



B8- Choque entre bolas de bilhar

Antes de iniciar esta ficha, verifique se os vídeos que vai analisar se encontram gravados com a extensão mp4, caso contrário converta-os usando o *software* “Any Video Converter”.

Nas tarefas a realizar é necessário usar as funções desse programa. Elas são bastante simples e intuitivas, contudo se tiver algumas dúvidas sobre a execução de alguma tarefa deve consultar o tutorial fornecido. Para tornar mais rápida a procura, estão indicadas (à frente das tarefas), em parênteses retos [...], o número da secção do tutorial onde essa tarefa está descrita.

1. Abra o *software* de análise de imagem *Tracker* que se encontra na pasta de programas do *pc*.
2. Selecione a Língua a usar na interface do *Tracker* [2].
3. Abra o Vídeo “bilhar1” [3].
4. Veja o vídeo e escolha qual a parte a analisar, fazendo a seleção dessa parte [4].
5. Introduza um sistema de coordenadas cartesianas e calibre-o, sabendo que a distância entre os pontos é de 50 cm [5,6]. Posicione o sistema de coordenadas com a inclinação mais correta, de acordo com a imagem.
6. Se detetar que a imagem precisa de ser ajustada ou redimensionada, proceda a essas tarefas [22].
7. Crie um ponto de massa, ao qual deve trocar o nome para “bola vermelha” e coloque o verdadeiro valor da massa [10].
8. Faça o seguimento automático do ponto de massa criado, fazendo com que este corresponda à bola vermelha [12].
9. Repita os passos anteriores para as restantes bolas presentes no choque.
10. Crie um “centro de massa, CM” do sistema [20] que deve incluir as bolas que entram no movimento.
11. Analise a trajetória do CM do sistema e interprete-o.
12. Introduza os vetores velocidade em cada instante, ao longo da trajetória [19].
13. Multiplique os vetores velocidade pela massa, de forma a obter os vetores Momento Linear.
14. Configure o programa de forma a que este também apresente as colunas dos dados referentes a v_x , v_y , a_x , a_y , E_c [13].
15. Copie as tabelas de dados correspondentes e cole-os numa folha de cálculo [14].
16. Na folha de cálculo, trace os gráficos das diferentes grandezas em função do tempo e compare-as.
17. Classifique o tipo de choque entre as bolas, com base a variação da energia cinética do sistema.
18. Analise a validade do Princípio da Conservação do Momento Linear.
19. Volte ao *Tracker* e insira um transferidor de forma a medir e comparar os ângulos da bola na tabela lateral, na “ida” e na “volta”.
20. Indique outros aspetos interessantes observados.
21. Guarde o projeto para uma possível análise posterior [20,21].

[Anexo c] A Outra face da intervenção- Projetos desenvolvidos

A- Projetos desenvolvidos para apresentar na 2ª Feira das Ciências

Hands on Science da Universidade do Minho. Alguns deles premiados.



Projeto	Descrição	Área
Speed hunters	Hoje em dia a quantificação dos fenómenos é algo imprescindível, tanto na ciência como no quotidiano. No entanto, torna-se bastante complicado quantificar algumas grandezas nalguns fenómenos. Neste projecto, pretendemos determinar algumas velocidades cujas medições habitualmente só são conseguidas através de métodos bastante caros e complexos, recorrendo a métodos alternativos simples, mas interessantes com utensílios do dia-a-dia, como um computador ou um microondas e o uso de materiais tão insuspeitos como alimentos saborosos!	Física
Flutuação (ou não).	Como todos conhecemos o navio Titanic afundou devido ao choque com um icebergue. Qual a razão dos icebergues, com uma massa de milhões de toneladas flutuarem? Qual a razão do Titanic após o choque afundar e o icebergue não? Durante a realização do nosso projecto, abordamos o assunto da flutuação/impulsão procurando responder a alguma perguntas como quais os factores que influenciam a flutuação. Foi construído um barco de teste em metal.	Física
Sismologia e construção	Estudo de sismologia aplicando os conceito da física para evidenciar e demonstrar as relações que existem entre a frequência e a altura dos prédios quando estes caem. Quais serão os prédios que caem primeiro: os altos ou os baixos? Será que a frequência afeta a queda dos prédios? Será que os diferentes tipos de ondas sísmicas têm um impacto muito diferente? Será que um sismo com pequena frequência afeta mais o que um sismo com ondas de alta frequência? Com o modelo idealizado e construído pretendemos responder a todas estas interrogações e desmistificar possíveis ideias feitas.	Física / Geologia
Escola totalmente otimizada	O objectivo do trabalho é ajudar a nossa escola a ser energeticamente e ambientalmente mais responsável e económica. Pretendemos estudar e projectar como seria a construção ideal de um pavilhão e reutilizar a água da chuva, para todos os efeitos, inclusive , depois de a purificar de forma gratuita, para o consumo humano. Neste projecto iremos realizar uma maquete onde mostraremos o método a adoptar pela escola. Adicionalmente iremos construir em escala real e em pleno funcionamento partes do projecto, incluindo a utilização directa e indispensável da energia solar, recobrimo uma parabólica com espelhos.	Física / Ciências do ambiente
Fluídos Não-Newtonianos	Há certas características que são dadas como adquiridas quando nos referimos aos fluídos. Devido ao contacto que temos no nosso dia-a-dia com fluídos líquidos como a água tendemos a achar que todos os fluídos têm propriedades análogas, tal como o próprio Newton já referenciou. O nosso projecto tem como objectivo mostrar que nem todos os fluídos se comportam da mesma maneira, centrando-se mais nos fluídos não-newtonianos, pois estes são os mais desconhecidos. Através destes iremos verificar as características “anómalas” que os fluídos podem possuir. Foi construída uma estrutura que simula a utilização de fluídos newtonianos com o reparadores temporários muito rápidos de problemas nas estradas.	Física / Química

Wii can touch this!!!	<p>Hoje em dia, as pessoas procuram, cada vez mais, aparelhos sem fios pela sua comodidade e porque implicam uma menor ocupação de espaço, sendo, por isso, mais fáceis de transportar e montar. A comunicação por Bluetooth e infravermelhos é algo de uso habitual.</p> <p>Este projecto baseia-se na produção de um «quadro interactivo», usando um meio de comunicação sem fios entre os diferentes componentes utilizados, nomeadamente entre pc/projector/comando de vídeo jogo.</p> <p>Esta montagem científico-tecnológica poderá ter aplicabilidade no nosso meio escolar, na criação de «quadros interactivos» a baixo custo, transformando qualquer parede numa superfície interactiva.</p>	Física / Informática
Fatores Genéticos vs Fatores ambientais na Hydrângea Macrophylla	<p>O crescimento das plantas está dependente da absorção de nutrientes do solo, o processo através do qual a planta sobrevive.</p> <p>As Hortênsias são plantas que exigem um solo muito rico e fértil, juntamente com muita água e sol. Serão as características físicas desta planta influenciadas pelos factores do meio como as chuvas ácidas ou a poluição dos solos, ar e água, ou prender-se-á apenas com a informação genética que possuem?</p> <p>Neste projecto iremos estudar influência dos factores abióticos na vida das Hortênsias, através de experiências com controlo de variáveis que culminarão na altura da Feira das Ciências.</p>	Química / Ciências do ambiente / Biologia
Congelar água	<p>“Congelar água é um processo banal e sem qualquer interesse do ponto de vista científico”. Será que a afirmação anterior é correcta ou este processo encerrará factos interessantes?</p> <p>Neste projecto tentaremos explicar através de pequenas experiências os processos de congelação e descongelação da água. Vamos relacionar estes processos com certos fenómenos que todos conhecemos, mas sobre os quais talvez nunca tenhamos pensado sobre as suas implicações para a nossa sobrevivência. Ainda aproveitamos para estudar e referir as características físico/químicas “anómalas” que tornam a água um elemento impar e essencial.</p>	Física / Química
Aromas sintéticos vs aromas naturais	<p>A indústria alimentar, com vista a acentuar o sabor ou mesmo a adicionar sabores aos alimentos que processa, precisa de consumir toneladas de outros alimentos para lhes retirar os aromas que precisa. Mas será mesmo necessário utilizar outros alimentos para conseguir os aromas que depois utiliza?</p> <p>Com o nosso trabalho é demonstrado que é possível obter aromas sintéticos, sintetizando compostos químicos em reacções controladas que substituam os aromas naturais. Neste processo são conseguidos enormes ganhos económicos e ambientais. Com esta investigação iremos mostrar como criar novos “sabores” ao gosto pessoal de cada um.</p>	Química / Biologia

B- Concurso de Jovens cientistas e investigadores.

Estes alunos também submeteram o relatório de projeto de 8 projetos para o 20º Concurso de Jovens cientistas e Investigadores. Os seus projetos foram na totalidade aprovados para a Mostra nacional de Ciência realizada no Museu da Eletricidade em Lisboa nos dias 31 de Maio e 1 e 2 de Junho. Alguns dos projetos são evoluções dos projetos apresentados na Feira das Ciências da Universidade do Minho, mas outros foram substituídos por projetos totalmente novos, incluindo um relacionado com características da locomoção.

Os resumos dos projetos apresetados no catálogo da mostra são os seguintes:



Projetos da Escola Secundária D. Afonso Henriques



FÍSICA_68



AUTORES Diogo José Martins Lopes; João Carlos Ferreira Alves; Luis Miguel Machado Moreira
PROFESSOR COORDENADOR Raul Alonso
ESCOLA Escola Secundária D. Afonso Henriques, Vila das Aves

WII CAN TOUCH THIS

Os quadros interativos são uma ferramenta muito interessante. Facilitam os processos de ensino e de aprendizagem, mas o sistema educativo português não pode neste momento investir na compra de um quadro para cada sala de aula, pois o seu preço é bastante alto. Com base neste problema propôs-se criar um substituto, ainda mais espetacular pois permite tornar qualquer superfície sólida uma superfície interativa. Ao fim -- cabo, é algo semelhante a ter uma experiência virtual com um videojogo! Utilizando um comando da consola de videojogos Wii.

FÍSICA_82



AUTORES Daniel Leal Moreira Machado; João Pedro Santos Pinheiro; Rui Tiago Ferreira de Almeida
PROFESSOR COORDENADOR Raul Alonso
ESCOLA Escola Secundária D. Afonso Henriques, Vila das Aves

ARRANHA CÉUS OU ARRANHA TERRA?

Já alguém se questionou por que motivo os edifícios, quando afectados por sismos, sofrem grandes danos ou acabam mesmo por entrar em colapso, mas alguns se mantêm eretos no meio do caos? Será que o factor altura interfere na reacção do edifício em relação ao sismo? Através da construção teórica e da construção prática de uma máquina capaz de simular a perturbação causada pelo sismo procurou-se responder a estas questões, confrontando-as com as ideias do senso comum. Relacionou-se os conceitos físicos e geológicos subjacentes, desde a mecânica clássica associada aos movimentos harmónicos até ao estudo do comportamento das ondas sísmicas. Neste projecto abordou-se, de modo a que no futuro, possa ser um ponto de partida para jovens cientistas, tal como o grupo de trabalho, no desenvolvimento de novas técnicas que possam minimizar os efeitos catastróficos causados por estes fenómenos, e assim, ajudar a ciência a progredir.

FÍSICA_70



AUTORES Marcela Monteiro Gomes; Rafael Sousa Marques; Rui Pedro Gouveia Machado
PROFESSOR COORDENADOR Raul Alonso
ESCOLA Escola Secundária D. Afonso Henriques, Vila das Aves

VELOCIDADE DE REMATE E VELOCIDADE DA LUZ

Quem remata uma bola com maior velocidade, os rapazes ou as raparigas? Foi com esta simples discussão que se iniciou este projeto com o objetivo principal, encontrar a resposta quantitativa para a questão levantada. O processo não se afigurou fácil, pois os métodos usuais de medição eram dispendiosos por exigirem instrumentos que não estavam em posse do grupo de trabalho. Foi assim, necessário criar um método alternativo, rápido e grátis que no caso, consistiu na análise do som do remate. Com sucesso alcançado na bagagem, tentou-se por consequência, determinar também com métodos alternativos e simples a velocidade da própria luz e a verdade é que esta tornou-se uma forma deliciosa de o conseguir, pois incluiu-se entre outros materiais, pepitas de chocolate.

FÍSICA_69



AUTORES André Filipe Silva Ferreira; André Joaquim Alves Silva; João Pedro Oliveira Gonçalves
PROFESSOR COORDENADOR Raul Alonso
ESCOLA Escola Secundária D. Afonso Henriques, Vila das Aves

LOCOMOÇÃO

A locomoção é algo intrínseco ao homem, de tal forma que só é questionada sobre o seu processo quando surgem problemas de mobilidade. Este projeto visa o desenvolvimento de um novo método de deteção e análise de problemas de ordem motora do ser humano, a partir da análise da variação da posição do centro de gravidade corporal no ciclo de marcha do Homem! Para tal, analisou-se filmagens previamente realizadas com vista a sistematização de característica da locomoção. Foi feito um estudo com sujeitos de ambos os sexos com cerca de 17 anos.

QUÍMICA_71



AUTORES Ana Isabel Fonseca Pinto; João Pedro Sousa Silva; Vanda da Costa Martins
PROFESSOR COORDENADOR Raul Alonso
ESCOLA Escola Secundária D. Afonso Henriques, Vila das Aves

DA ÁGUA AO GELO

O que se faria caso se precisa-se de formar gelo rapidamente? Colocava-se água no congelador à temperatura ambiente? Optava-se pela água fria ou optava-se pela água quente? Esta foi exatamente a questão que surgiu e que está na base deste trabalho. Baseando-nos nas "únicas e especiais" propriedades físicas e químicas da água elaborou-se uma série de experiências com o objetivo de responder à questão inicial tendo chegado a resultados curiosos.

QUÍMICA_77



AUTORES Ana Pula Silva Machado; Emanuel José da Silva Fernandes; Luís Pedro da Silva Ives
PROFESSOR COORDENADOR Raul Alonso
ESCOLA Escola Secundária D. Afonso Henriques, Vila das Aves

IDENTIFICAÇÃO E SÍNTESE DE AROMAS DE FRUTOS E PLANTAS

É possível resolver o problema da fome no mundo? Talvez não, mas com o presente trabalho tentou-se ajudar nesse sentido. Quantas pessoas seriam saciadas com as toneladas de fruta que são desperdiçadas para obter aromas para iogurtes, pastilhas elásticas, detergentes, etc. Procurou-se, estudou-se e encontrou-se uma maneira de obter esses aromas sem desperdiçar frutos e plantas nem retirar desconforto a quem usufrui dos aromas, aliás até os melhorámos tornando-os mais intensos. Neste trabalho procurou-se explicar, e demonstrar como sintetizar aromas sem utilização de frutas ou outras plantas.

QUÍMICA_78



AUTORES Ana Sofia Moreira de Freitas; Cristina Isabel Queirós da Silva; João Pedro Coutinho Silva
PROFESSOR COORDENADOR Raul Alonso
ESCOLA Escola Secundária D. Afonso Henriques, Vila das Aves

QUAL É O MELHOR COMBUSTÍVEL?

Combustíveis, que tal descobrir qual o melhor. Um combustível pode servir para vários fins, no entanto uma questão sobrepõe-se a tudo: Qual será o mais perfeito? Talvez um combustível fóssil, um combustível sólido ou então um álcool, que muito anda na moda, ou quem sabe até mesmo um gás. Os combustíveis podem ser avaliados por vários parâmetros e através de uma série de experiências pretendeu-se avaliar qual é o que preenche todos os requisitos. Desta forma, segue a proposta de acompanhar a pesquisa, que poderá revolucionar o seu pensamento do mundo da energia.

CIÊNCIAS DO AMBIENTE_75



AUTORES Ana Raquel Andrade Da Cunha; Cátia Inês Nunes Fonseca; Rute Catarina Machado Abreu
PROFESSOR COORDENADOR Raul Alonso
ESCOLA Escola Secundária D. Afonso Henriques, Vila das Aves

PAVILHÃO TOTALMENTE OTIMIZADO

Como na Escola Secundária D. Afonso Henriques, não existe nenhuma sala de exposições nem nenhum auditório/anfiteatro, surgiu a ideia de projetar um pavilhão com estes dois espaços e ainda duas salas de aula e dois Wc's. Mas, como foi aprendido durante as aulas, esta construção não pode ser feita de qualquer forma, portanto, com base nos conhecimentos adquiridos, criou-se um pavilhão termicamente otimizado e foi construída uma maquete do mesmo. O grande objetivo é que este edifício gaste o menor possível e que sejam aproveitadas as fontes naturais, a água e o sol, para a produção de eletricidade e ainda a reutilização da água da chuva (na sua transformação em água pura (para uso humano) e aquecimento da mesma para ter como fim o aquecimento do auditório/anfiteatro através de radiadores).

CIÊNCIAS DO AMBIENTE_76



AUTORES Cátia Sofia Costa Ferreira; Diana Sofia Pedrosa Mendes; Madalena Nunes Monteiro
PROFESSOR COORDENADOR Raul Alonso
ESCOLA Escola Secundária D. Afonso Henriques, Vila das Aves

FATORES GENÉTICOS VS. FATORES AMBIENTAIS NAS CARACTERÍSTICAS DA HYDRANGEA MACROPHYLLA

Durante as aulas de biologia adquiriu-se conhecimento de que as plantas possuem um património genético e que nele está incluída a cor das suas flores. Mas quando floriram as hortênsias que um dos elementos do grupo ofereceu a outro, retiradas do seu jardim e que antes tinham uma cor azul intensa, verificou-se que estas mudaram de cor para um rosa claro. Então surgiu uma inquietação: qual o fator que influenciará a coloração das hortênsias? Serão fatores genéticos como se suspeitava? Ou serão fatores ambientais a definir essa característica nesta planta? Foi necessário dar largas aos conhecimentos de química em confronto com os da biologia na demanda de uma resposta final.

C- Concurso Ciência na escola

Ao longo do ano ainda participaram noutros concursos/projetos, nomeadamente, foram colaboradores de um projeto mais global da escola submetido ao Concurso Ciência na escola da Fundação Ilídio Pinho. O coordenador na escola deste projeto foi o professor que implementou a intervenção desta dissertação.



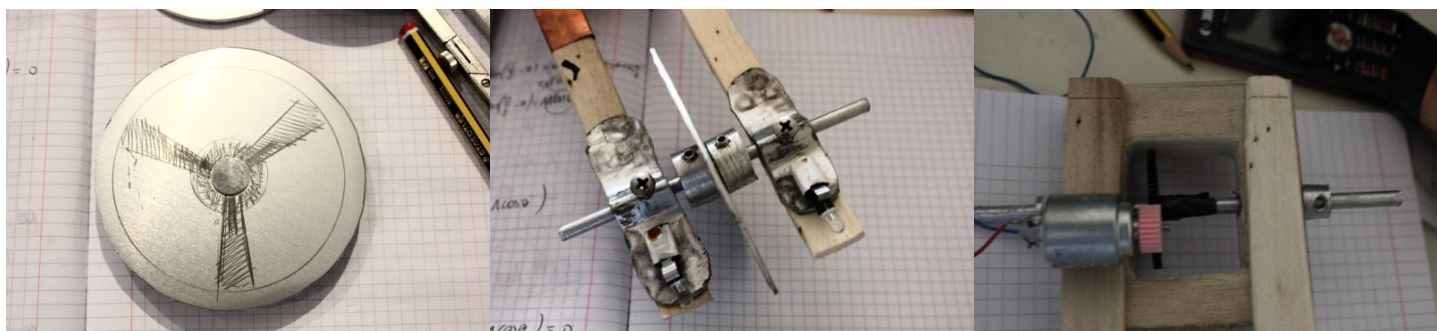
Este projeto denominado de Global Approach ESDAH, mereceu a confiança da organização com um prémio para desenvolvimento de 500 € e pretendeu organizar multiplas mini atividades



organizadas na escola, onde a apresentação de alguns dos projetos foi parte integrante.

D- Concurso á velocidade do Sol

Neste concurso realizado pela Agencia de Energia do Porto associada ao INETI UP, os nossos alunos realizaram um projeto de elaboração de um carro movido a energia solar. Neste projeto tiveram em atenção múltiplos conhecimentos adquiridos nas aulas de Física e procederam depois à construção do carro de raiz (um painel fotovoltaico e um pequeno motor elétrico foram fornecidos pela organização) segundo o projeto. No projeto foram tidas em conta as muitas variáveis que poderiam condicionar a eficiência do carro. Mercê das condições climáticas a corrida não pode ser realizada na data agendada, mas ganharam o 1º prémio relativo ao projeto melhor elaborado.



Raul Alonso
raulalonso@iol.pt